

# MICROCLIMAS DAS RESTINGAS DO SUDESTE DO BRASIL

## I — RESTINGA INTERNA DE CABO FRIO

(Com 19 figuras)

LEDA DAU

Museu Nacional — Rio de Janeiro

### CONTEÚDO

I. INTRODUÇÃO	Marcha Diária da Temperatura para 28-29 de maio
II. DESCRIÇÃO DA ÁREA	Temperaturas Máximas e Mínimas
III. LITERATURA	Regime Termal no Período de Observação
IV. MÉTODOS	Síntese
V. O MEIO	Umidade Atmosférica
Restinga Interna	Umidade Relativa
Espaço Desnudo	Deficit de Saturação
Moita Densa	Pressão de Vapor
Moita Aberta	Atmometria
VI. MACROCLIMA	Evaporação
Mecanismo Climático	Radiação Solar
Macroclimas Locais	VIII. DISCUSSÃO
VII. OS MICROCLIMAS	SUMÁRIO
Temperatura do Ar	ABSTRACT
Marcha Diária da Temperatura para 7-8 de julho	BIBLIOGRAFIA

### I — INTRODUÇÃO

Diversos autores têm estudado as *restingas* ou *planícies costeiras arenosas* do sudeste brasileiro; mas nenhum estudo de natureza ecológica, em bases instrumentais e experimentais, foi realizado. Dentre as informações existentes, destacam-se, segundo os aspectos: geológico e geomorfológico, LAMEGO (1940, 1945 e 1946), RUEL- LAN (1944) e BIGARELLA (1946); edafológico, COMISSÃO DE SOLOS (1958); florístico, ULE (1901) e LUTZ (1938); de vegetação, ULE (1901), SAMPAIO (1934) e DANSEREAU (1947). Assim, até recentemente não existiam teorias propostas para explicar a disposição em mosaico da vegetação da res-

tinga interna, isto é, espaços desnudos intercalados com moitas arbustivas.

E como êste trabalho é parte da intensiva pesquisa ecológica realizada pelo "Projeto Levantamento Ecológico da Vegetação do Distrito Federal e Estado do Rio de Janeiro" (\*), foi êle inicialmente estimulado pela necessidade aparente de serem obtidas acuradas informações sôbre as condições do meio, no sentido de se pro-

(\*) O projeto "Levantamento Ecológico da Vegetação do Distrito Federal e Estado do Rio de Janeiro" realizado sob os auspícios do Conselho Nacional de Pesquisas, foi proposto em 1951 por Fernando Segadas-Vianna através o Museu Nacional, tendo-se tornado efetivo em 1953. As pesquisas foram realizadas por Giselle C. Machline, Leda Dau, Wilma T. Ormond e Jardim Lorêdo Jr., sob a coordenação do proponente do programa.

curar entender, através dos microclimas, alguns dos aspectos do processo evolutivo da vegetação.

O "Projeto" foi dividido em vários campos de análise, de tal forma que cada um dêles pudesse prover elementos aos demais. Diante dêsse tipo de trabalho, é básico um conhecimento, o mais completo possível, sobre as amplitudes das várias condições mesológicas do habitat natural. Por isto, as investigações microclimáticas foram feitas em ambientes típicos da restinga.

Para o início de tais pesquisas ecológicas, foi escolhida a planície costeira de Cabo Frio, dadas as favoráveis condições de vegetação: uma flora relativamente restrita; uma vegetação aberta e baixa, oferecendo ao observador o seu domínio visual; comunidades facilmente delimitáveis. Além dessas, a região oferecia outras condições de interesse prático não só por sua proximidade da sede como por sua potencialidade econômica e ainda por ser inexplorada.

Em 1950, tiveram início as visitas de exploração ao longo da costa, e em 1953 começaram, realmente, os estudos quantitativos das diferentes etapas do programa, o qual implicou, em grandes linhas, na análise pedológica, mesológica e vegetacional.

A preocupação fundamental, no planejamento das pesquisas, foi a de verificar a aplicabilidade das teorias, conceitos e métodos desenvolvidos na região temperada à vegetação tropical. Esta foi uma das razões que orientou a seleção das restingas como objeto de estudo, em virtude de ter sua vegetação, a estrutura, no plano e no espaço, além de fisionomia similares, às que ocorrem em grandes áreas da região temperada. A maior parte dos trabalhos realizados nos trópicos, e sobretudo no Brasil, tem sido feita, em

pequenas visitas, por pesquisadores que vivem em regiões temperadas, e que não dispõem de tempo para testar, antes da coleta definitiva dos dados, a aplicabilidade de seus conceitos e métodos.

Os objetivos em vista no presente estudo, foram: (a) a definição e comparação dos microclimas característicos de habitats típicos, situados lado a lado; (b) a verificação do processo de evolução da vegetação de espaço desnudo para moita densa, com base nas análises microclimáticas; (c) a ação dos microclimas no condicionamento da estrutura e composição florística interna das moitas, e vice-versa; (d) do ponto de vista econômico, a verificação da possibilidade de utilização dos microclimas na agricultura, quer corriqueira, quer especial.

Os resultados desta pesquisa não estão totalmente contidos neste artigo, pois ela se alongou em íntimo contato com pesquisas de outra natureza. Certas idéias e conclusões aqui citadas são derivadas do entrosamento das análises microclimáticas com as demais etapas do "Projeto". Muitas delas já fazem parte do documentário apresentado em relatórios parciais ao Conselho Nacional de Pesquisas, como, por exemplo, a explicação do aspecto em mosaico da restinga interna; a idéia da ocupação pioneira dos espaços desnudos por *Couepia ovatifolia* Benth., bem como sua evolução para um estágio de moita, como será visto adiante.

O autor deseja agradecer aos componentes da equipe do "Projeto" por sua assistência durante os trabalhos; à Companhia Nacional de Alcalis, em particular ao Dr. GERALDO DE ALMEIDA, pela obtenção dos dados referentes à estação climatológica de propriedade da Companhia; ao Dr. J.C. JUNQUEIRA SCHMIDT do Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura.



Em particular, ao Dr. JADIHEL LORÊDO JR., por sua ativa participação na obtenção dos dados no campo.

O uso de dizeres e legendas, nas tabelas e figuras, em língua inglesa, não teve outro objetivo senão o de tornar acessível o presente artigo à consulta por especialistas estrangeiros.

## II — DESCRIÇÃO DA ÁREA

Na região leste-meridional do Brasil, no Estado do Rio de Janeiro, localiza-se a península de Cabo Frio, que é o marco na mudança da linha de costa. Esta linha, que, a partir da cidade do Rio de Janeiro, tinha a direção oeste-leste, passa aí a nordeste, seguindo esta orientação até o cabo de São Tomé (vide fig. 1).

Sobre esta península, na verdade um *tômbolo*, situou-se a área investigada.

Enquanto que a cidade de Cabo Frio, sede do Município de Cabo Frio, tem por coordenadas 22° 53' S e 42° 02' W, o local da restinga onde foram realizados os trabalhos de campo, localiza-se a 22° 56' 54" S e 42° 02' 09" W. Dista o mesmo cerca de 500 metros da praia; 9 km a sudoeste da cidade de Cabo Frio; 2 km a noroeste da vila do Arraial do Cabo.

*Geologia* — A restinga estudada é geologicamente parte integrante da grande planície costeira quaternária. Constituída primordialmente por sedimentos arenosos-silicosos de origem flúvio-lacustre, marinha e eólea, apoia-se em um embasamento arqueano, de rochas cristalinas, sobretudo de gnaisses-graníticos. A única exceção é a ilha de Cabo Frio, situada em frente ao *tômbolo*, formada por rochas ígneas, originadas provavelmente no início do Terciário (Lamego, 1946:22).

*Topografia* — A região, praticamente plana, em alguns pontos ligeiramente on-

dulada, é interrompida por grande número de lagoas, brejos e turfeiras. Próximo ao mar, corre um cordão de dunas, mais ou menos contínuo em certos trechos, em outros ausente, cuja altura não ultrapassa de 10 metros. No meio da planície aparecem cômoros de areia revestidos de vegetação, todos de pequena altura. No meio do areal, afloram massas rchosas, algumas indo até o mar. São antigas ilhas envolvidas pela formação das línguas de areia.

*Solos* — Em virtude dos variados processos de sedimentação que tomam parte na formação das restingas (Segadas-Vianna, 196?), encontram-se lado a lado diversos grandes tipos de solos. Além de regosolos, solos de dunas, litosolos, encontram-se solos hidromórficos e de aluvião. Dentre os hidromórficos, destacam-se: low humic gley, humic gley, gley hydromorphic, bog, laterita hidromórfica, podzol hidromórfico e solodized-solonetz.

Na área selecionada, os mais comuns, e em diferentes fases evolutivas, são os podzois hidromórficos e regosolos, tendendo êstes últimos para podzois verdadeiros.

*Vegetação* — Fisionômica, a vegetação que recobre a maior parte das restingas, divide-se, da praia para o interior, em quatro grandes grupos: graminóide, palmóide ou ericóide, parque e mata.

A vegetação *graminóide* cobre as zonas próximas ao mar, sendo constituída predominantemente por diversas espécies de gramíneas e ciperáceas, com ocasionais comunidades de plantas latifoliadas. A *palmóide*, às vezes ausente, é representada pela palmeira-anã de caule subterrâneo, *Diplazium maritimum* Mart., que ocorre entre a zona de vegetação graminóide e o cordão de dunas anteriores,

paralelo ao mar e fronteiro às lagunas. A parte anterior dêste cordão e o próprio cordão são ocupados pela vegetação de fisionomia *ericóide*, constituída na maior parte por mirtáceas, malpigiáceas e anacardiáceas.

mórficos, em adiantado estágio de evolução, aparecem *matas* abertas, xeromórficas, com 30 metros de altura, em média.

Além dos tipos acima citados, que predominam nestas planícies arenosas, ocorrem diversos outros de menor área

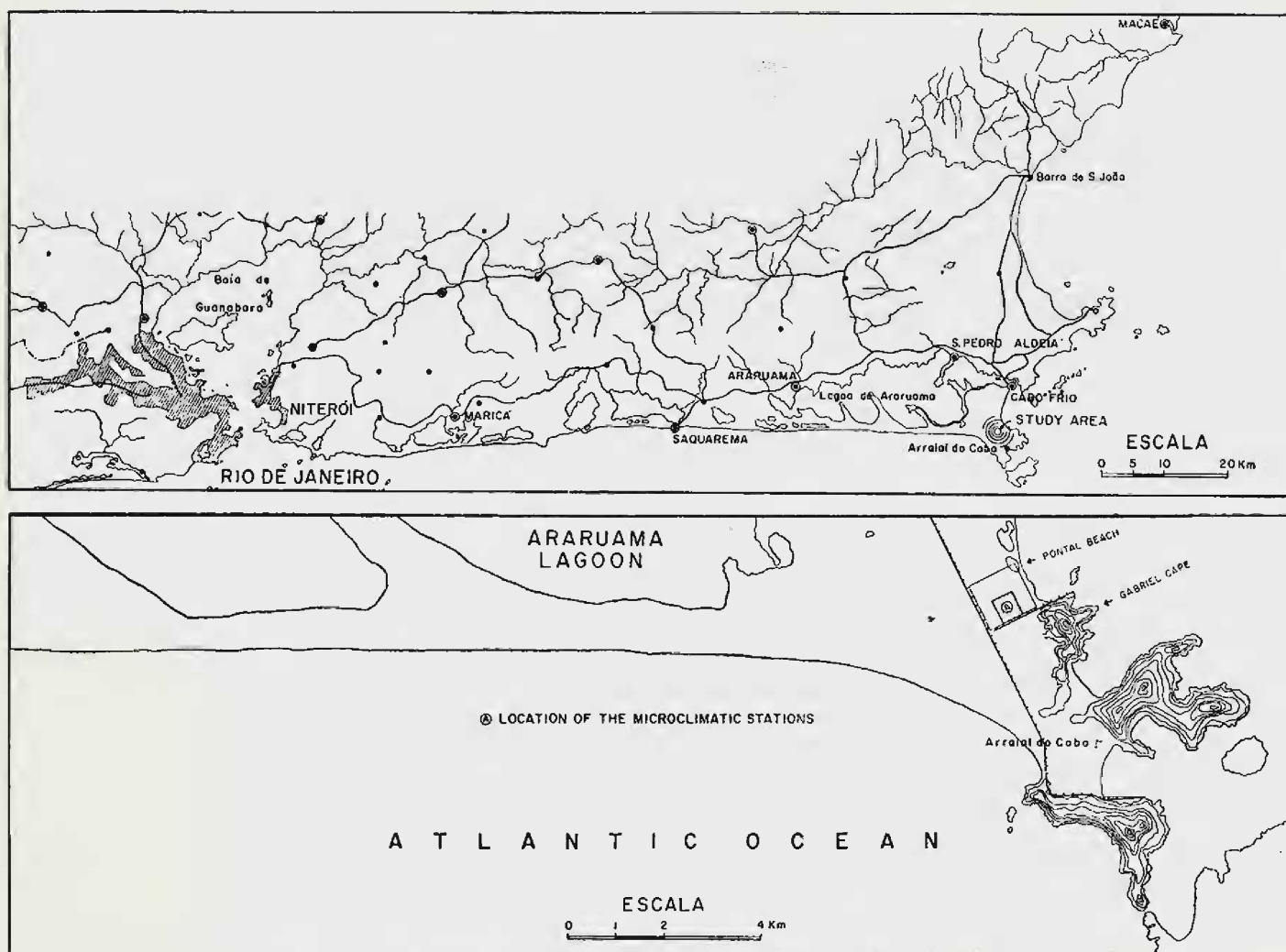


Figura 1 — Mapa mostrando a localização da área de estudo  
Map showing the location of the microclimatological study areas.

Atrás das lagunas, estende-se a planície arenosa, pouco ondulada, cuja vegetação dominante, de arbustiva a arbórea, dispõe-se em *parque*, em que se alternam moitas e espaços desnudos. Esta vegetação, chamada de *restinga interna*, será descrita posteriormente com maiores detalhes.

Nas partes mais afastadas do mar, sobre podzóis verdadeiros e podzóis hidro-

de cobertura sobre terrenos salinos, alagados, turfeiras, etc.

A característica mais frisante da restinga de Cabo Frio, que a torna única em todo o litoral do Brasil meridional, é a existência de um número relativamente alto de *endêmicos* e de comunidades especiais não encontradas no restante do litoral. Entidades, pouco frequentes nas demais restingas, são aí encontradas em



grande abundância, formando mesmo comunidades, como *Leiothrix dielsii* Ruhl., *Paepalanthus tortilis* (Bong.) Mart., *Xyris caroliniana* Walt. var. *caroliniana* Walt. etc. Entre os endêmicos, destacam-se o grande cactus de côr cinzenta *Cephalocereus robustus* Britton. & Rose. e *Heliotropium polyphyllum* Lem. var. *blanchetii* DC., ambos formando comunidades que cobrem grandes áreas.

### III — LITERATURA

Grandes diferenças climáticas podem resultar dentro das mais curtas distâncias.

Em tôrno dêste conceito, estudos microclimáticos para os mais diversos fins (científico, agrícola, urbanístico, médico, etc.) e variados aspectos têm sido assunto de muito interêsse e pesquisa.

Assim, a despeito do fato de, hoje em dia ser bastante informativa e variada a literatura microclimatológica, ainda é válido o apontado por WOLFE et al., em 1949, de que "*the literature of microclimatology is small, scattered, and often hidden because titles do not mention the subject as such. In fact, much of it is not the result of biological research at all, but is the result of instrumentation studies and inquiries into, physical conditions near the earth's surface*".

Os estudos estritamente microclimáticos cobrem duas principais categorias: aquêles que se restringem às condições físicas do ar próximo ao chão e aquêles feitos com o objetivo de interpretar as conseqüências biológicas em têrmos de causas físicas.

Não será feito aqui um histórico bibliográfico do assunto, e nem revisão de trabalhos realizados dentro dos moldes em que êste o foi — *microclimas em um só plano em habitats adjacentes*. É isto devido, em primeiro lugar, à inexistência de investigações rea-

lizadas em restingas do Brasil ou da América do Sul e, por outro lado, ao desconhecimento, por parte do autor, de estudo que tente analisar, no plano horizontal, a evolução de ambientes a partir de um espaço desnudo, para qualquer parte do mundo. Mas isto não impede que se mencionem certos livros básicos para os problemas microclimáticos e também certos trabalhos expressivos. Alguns dêstes com boas revisões de bibliografia.

A começar, têm-se os estudos e informações trazidas por GEIGER (1950) em seu tratado básico, onde os assuntos de *troca de calor, relações de temperatura, influência da topografia, influência da cobertura vegetal* e outros, são apresentados do ponto de vista didático e sistemático. SUTTON (1953) fornece detalhada informação a respeito dos processos físicos que têm curso nas camadas mais inferiores da atmosfera e onde a vida é mais abundante.

A UNESCO, dentro de seu programa de pesquisas sôbre as zonas áridas, publicou dois livros: *Climatology-Reviews of Research* e *Climatology and Microclimatology*, (UNESCO, 1958, 1958a); o primeiro, um "mise-au-point" dos atuais conhecimentos sôbre os diversos aspectos da microclimatologia; o segundo, apresenta sínteses de conhecimentos, além de resultados de pesquisas originais e proposições de novas linhas de ação.

A literatura microclimatológica, com seus variados tipos de investigação, prende-se, em sua maioria, a estudos dos efeitos das encostas sôbre os fatores ecológicos. CANTLON (1953) apresenta uma revisão da literatura que versa sôbre o efeito da orientação das encostas no clima, microclima, condições edáficas e vida vegetal e animal. Seu artigo é um estudo da vegetação e microclimas ocorrentes nas encostas sul e norte de uma colina,

no centro de New Jersey. Conclui que: “the difference in the amount of incoming insolation on the two slopes produces markedly different microclimates”, e, “on south slopes the therophytes are of particular interest while on north slopes, the geophytes seem to offer the best choices”.

OOSTING & HESS (1956), realizaram um estudo das condições microclimáticas e edáficas, ligadas à vegetação de uma escarpa faceando o norte do baixo piedmont da Carolina do Norte. Foi verificado que o microclima excluindo as espécies mais mesofíticas do clímax, permite a sobrevivência de *Tsuga canadensis* (L.) Carr.

WOLFE et al. (1949) realizaram pesquisas em um pequeno vale — Neotoma — no centro de Ohio.

Este estudo, que cobre doze principais habitats, oferece um grande interesse àquêles que se lancem em tais investigações; uma boa orientação metodológica é seguida no desenvolver de toda a investigação.

Um grande número de publicações discute a influência e o contrôle que a orientação da encosta exerce sobre a vegetação natural, segregação de espécies, comunidades vegetais e plantas cultivadas — PLATT (1951), POTZGER (1939), SHANKS & MORRIS (1950), etc.

As análises efetuadas em zonas áridas, sobretudo nos desertos, são, além de mais informativas nos seus resultados, também mais associáveis ao tipo de região em que foi feita a presente pesquisa, do que aquelas desenvolvidas em outras zonas. BUXTON (1924), estudando a temperatura atingida pela superfície do deserto, ao meio-dia, observou que frisantes diferenças podem ser detectadas em lugares afastados entre si de poucos metros; isto, devido ao calor refletido e a diferenças na inclinação da superfície do

substrato. Seus resultados, bem como aquêles trazidos por SINCLAIR (1922) e WILLIAMS (1923), obtidos respectivamente no wadi Digla, próximo ao Cairo, Egito, e no deserto de Tucson, Arizona, mostram que: a amplitude diária da temperatura no interior do solo próximo à superfície é muito grande e que esta amplitude diminui com a profundidade; as temperaturas e a amplitude diária verificadas próximo à superfície (1 cm de profundidade) não indicam aquelas ocorrentes na superfície propriamente dita.

As conclusões tiradas por KASSAS (1957), ao analisar as características microclimáticas do deserto próximo ao Cairo, são de que às diferenças microclimáticas correspondem diferenças de vegetação e de microhabitats.

O único trabalho sobre mesologia da restinga é o de HEMMENDORFF (1912), cujo resumo aparece na seção “Notices of Work”, da revista *The Journal of Ecology* de 1913. São por êle descritas duas restingas próximas ao Rio: Mauá, no fundo da baía de Guanabara e Leblon, hoje inteiramente urbanizada. Fornece dados relativos aos principais fatores dos habitats da restinga — solo, temperatura, vento, chuva, etc. — e uma lista das plantas observadas.

Além desta, as únicas observações acerca de condições ambientais, no Brasil, se prendem às florestas tropicais e equatoriais e são as divulgadas por McLEAN (1919), FREISE (1936) e ASHTON (1958); todos visitantes oriundos de zona temperada.

No litoral sul do Brasil, em Santa Catarina, ARAGÃO (1958, 1959) fez observações microclimáticas, em uma floresta.

Sua análise, no entanto, vem expressa sob a forma de médias e totais mensais.

Aquêles que estejam interessados no todo da literatura microclimática encontrarão substancial compilação na obra de



BAUM (1948) — “*The Climate of the Soldier*”. São ali citados 1.381 títulos, agrupados em duas partes; a primeira, referente a métodos de mensuração, e a segunda, a resultados de investigações.

O propósito do presente apanhado bibliográfico é fornecer à *Pesquisa* das zonas tropicais, em geral ausente do campo de investigação científica onde se situa este trabalho, um subsídio à sua consecução.

#### IV — MÉTODOS

Cinco estações foram montadas com a finalidade de estudar os habitats, tidos como representativos, da restinga de Cabo

Frio. Três delas localizaram-se na restinga interna, e duas outras, na região das dunas anteriores, sobre o “*spit*”.

A análise dos microclimas referentes às dunas anteriores será objeto de próximo trabalho.

A existência de uma instalação macroclimatológica, mantida pela Companhia Nacional de Alcalis, facilitou a análise comparativa dos microclimas com o macroclima. Esta, situada na restinga interna e cerca de 500 metros das estações microclimatológicas, é de tipo padrão.

O equipamento para cada uma das estações, denominadas respectivamente A, B, e C, consistiu em termógrafo, higrógrafo, termômetro de máxima e mínima,



Figura 2 — Instalação da estação microclimatológica A — espaço desnudo  
Installation arrangement of microclimatological station A — open place.



evaporímetro de Piche, atmômetros de Livingston de bulbo branco e de bulbo prêto, e pluviômetro Ville de Paris — fig. 2. A estação C não dispunha do par de atmômetros.

Os aparelhos registradores, evaporímetro e termômetro de máxima e mínima, apoiados sôbre uma caixa de madeira, tinham seus elementos sensíveis situados a uma altura de 30 cm da superfície do solo, protegidos da insolação direta por uma coberta, em forma de tenda, de pano de algodão ralo de côr branca, elevada do solo um metro, o que permitia a livre circulação do ar.

Êste nível de 30 cm foi selecionado por corresponder não só à zona de turbulência, mas também àquela onde se encontram os indivíduos jovens das diversas espécies das moitas e plantas do espaço desnudo. A falta de suficiente aparelhagem impediu a análise de outros níveis.

Os atmômetros, afastados um do outro de 40 cm, tinham as esferas localizadas a uma altura de 50 cm, enquanto que a área receptora do pluviômetro situava-se a uma altura de 1,50 metro do chão.

Na estação macroclimatológica, os dados de chuva e vento eram obtidos por instrumentos registradores. A evaporação, além de ser pelo evaporímetro de Piche, era dada por tanques padrões, circulares, de 1 m<sup>2</sup> de área. Para a insolação, era usado o solarímetro de Campbell-Stokes.

As observações no campo mantiveram-se por um período consecutivo de quatro meses — 5 de maio a 31 de agosto de 1953; cobrindo parte de dois períodos estacionais — maio a junho — outono; junho a agosto — inverno.

Diariamente, em tôrno das 8.00 h da manhã, procedia-se à leitura dos aparelhos.

### *Temperatura.*

Na obtenção da temperatura do ar, utilizaram-se termógrafos Fuess e termômetros de máxima e mínima, tipo Six, graduados sôbre base de vidro leitoso.

A mudança dos gráficos era efetuada semanalmente, enquanto que a leitura dos termômetros de máxima e mínima o foi para períodos de 24 horas.

Os dados obtidos por meio desses instrumentos apresentam restrições, em virtude de suas próprias características.

Com relação ao termógrafo, deve-se levar em conta que: (a) parte da energia calorífica é perdida, devido a absorção direta por parte do elemento sensível; (b) há uma tendência para o calor ser conduzido para longe do elemento sensível, perdendo-se assim, através do mecanismo metálico do aparelho; (c) há uma decalagem entre o momento em que ocorre uma dada temperatura no elemento sensível e aquêle em que é registrado pela agulha, devido ao mecanismo de alavancas; d) o uso de gráficos semanais ao invés de diários, traz condições desfavoráveis à leitura e observação das flutuações no regime termal, condição esta, importante em estudos microclimáticos.

Quanto ao termômetro de máxima e mínima, além das restrições já citadas para o termógrafo e referentes à perda e ganho de calor, apontam-se aquelas referentes à proximidade das subdivisões da escala — o que impede a avaliação dos décimos de grau; à proximidade do bulbo com a parte de leitura; e à sensibilidade à exposição direta para qualquer tipo de energia radiante.

### *Umidade.*

Para a mensuração da umidade atmosférica, foram usados higrógrafos Fuess e um psicrômetro de aspiração Bendix Friez, modelo HA/2.



O esticamento progressivo e permanente dos cabelos, limita o uso do higrógrafo por longo espaço de tempo sem aferição. As leituras abaixo de 30% não correspondem às situações de fato existentes (Macfadyen, 1957:36), e as acima de 90% são imprecisas e pouco diferem do ponto de saturação (Evans, 1939). Quando ocorrem mudanças bruscas de umidade, há uma tendência para desvio da leitura verdadeira, podendo o erro ser de 1% a 2% (Evans, 1939). Acresçam-se ainda, as restrições referidas para o termógrafo.

Com relação ao psicrômetro, a restrição se situa na evaporação do termómetro úmido. Enquanto que a evaporação neste termómetro faz-se em um determinado nível, a captura do ar que irá circular sobre ele é feita em um nível diferente. Além do mais, o bulbo captura ar de níveis mais altos e mais baixos do que aquele em que se situa. Deve-se, por isto, colocar a extremidade da bomba aspiradora tão próxima quanto possível do bulbo do termómetro úmido.

#### *Atmometria.*

Foram usados na coleta dos dados, o evaporímetro de Piche e atmômetros de porcelana porosa de Livingston — esferas brancas e pretas.

A área de evaporação útil do disco branco usado no evaporímetro de Piche é de 11 cm<sup>2</sup>. Mas, como esses dados serão também utilizados em estudos de transpiração de diversas plantas desse mesmo local, os valores foram corrigidos para uma área padrão de 100 cm<sup>2</sup>.

As esferas dos atmômetros, com superfície de evaporação útil de 100 cm<sup>2</sup>, foram montadas em garrafas volumétricas, cilíndricas de 500 ml, graduadas em 5 ml e providas com válvulas de mer-

cúrio, que impedem a entrada da água de chuva.

Uma das restrições mais sérias ao uso dos atmômetros de Livingston é o entupimento dos poros por algas, de rápido crescimento na região tropical. É pela imersão prévia das esferas numa solução de bicloreto de mercúrio a 2%, que se limita este crescimento (Livingston, 1935: 462).

As demais restrições ao uso desses aparelhos e a significação dos dados por eles fornecidos serão analisados no capítulo de Atmometria.

## V — O MEIO

### RESTINGA INTERNA

O termo *restinga* abrange as planícies arenosas que ocorrem ao longo da costa brasileira.

Na *restinga* distinguem-se normalmente quatro grandes biomas: as praias oceânicas, o cordão de dunas baixas paralelo ao mar, a *restinga interna* e as dunas móveis. Geralmente, atrás do cordão de dunas baixas paralelo ao mar, encontram-se pequenas lagoas elípticas ou circulares, pouco profundas e de águas escuras — corpos d'água aprisionados pela formação do banco litorâneo.

Após as lagoas se estendem imensas planícies, onduladas ou planas, que constituem a *restinga interna*, também aqui, interrompida por lagoas, banhados, brejos e turfeiras — restos do grande corpo d'água aprisionado pelo levantamento do banco arenoso litorâneo. Este corpo d'água é entulhado, ou melhor colmatado, por diferentes processos.

Os estudos microclimáticos foram realizados em habitats ocorrentes em *restinga interna*, construída através de sedimentação conjunta, eólica e marinha.

O substrato é aqui constituído, pre-

dominantemente, por sedimentos arenosos-silicosos, algumas vezes puros, com pouca matéria orgânica, outras vezes mesclados com turfa. Esta pode, em certos trechos, predominar na mescla, e mesmo ser encontrada pura ou em lençol espesso.

A principal característica da vegetação que aparece neste tipo de *restinga interna* é sua disposição em mosaico — onde se alternam espaços desnudos ou com vegetação rasteira e moitas arbustivas ou arborescentes, compactas, de copa hemisférica, e de difícil penetração — fig. 3.

Nos espaços desnudos, encontra-se logo abaixo da camada arenosa, superfi-

cial, que é de pequena espessura, um horizonte de turfa mesclada com areia de granulação fina, de alta compacidade, e de cêrca de 20 cm de espessura. São êles colonizados por diversas espécies, adiante citadas, cujos sistemas radiculares, pouco profundos e paralelos à superfície do solo, se localizam na camada arenosa superficial. A única excessão observada é *Couepia ovatifolia* Benth., cujas raízes, atravessando a camada turfo-arenosa, penetram a grandes profundidades. Uma vez estabelecido o primeiro indivíduo de *C. ovatifolia* Benth., começam a germinar e a se desenvolver outros indivíduos — progênese do primeiro.



Figura 3 — Vista geral da restinga interna vendo-se a adjacência dos espaços desnudos e moitas  
General view of the inland restinga showing the adjacency of open place and shrub tickets.



A *C. ovatifolia* Benth., além de sua alta capacidade reprodutiva, tem frutos cilíndricos e de grande peso, o que determina a presença de uma grande quantidade de sementes em torno da planta materna. Desta forma, os indivíduos dispõem-se em círculos concêntricos ao redor do indivíduo mais velho e que pri-

para a periferia, o que lhe dá a forma hemisférica. Com o correr do tempo, elas se unem e evoluem para uma estrutura mais complexa.

À semelhança do que ocorre com a *restinga interna* em si, as moitas são mosaicos de espécies, isto é, as espécies que as constituem não se dispõem em comu-



Figura 4 — Espaço desnudo com seus componentes típicos; ao fundo a *Couepia ovatifolia* Benth.

View of the open place with its typical components; at the background can be seen *Couepia ovatifolia* Benth.

meiro se estabeleceu. O sistema radicular da colônia, termina por desagregar completamente a camada turfosa. Esta moita embrionária abre caminho ao estabelecimento de outras espécies que irão constituir as moitas.

A evolução interna e o crescimento das moitas, processam-se assim do centro

nidade organizada, mas, pelo contrário, se agrupam fortuitamente. Não há portanto uma organização espacial, ou melhor, não são distinguíveis estratos, e nem tão pouco há disposição organizada no plano horizontal. Esta situação se modifica, no entanto, no decorrer do processo de evolução, passando a moita a ter uma

organização espacial. A evolução das moitas é de longa duração e lenta.

#### ESPAÇO DESNUDO

Os espaços desnudos são praticamente desprovidos de vegetação. De forma tendente à elíptica, muitas das vezes praticamente circulares, de contornos curvilíneos, suaves, mas irregulares, com uma

do solo. Estas plantas, raramente constituem colônias, estando sempre os indivíduos da mesma espécie situados bastante afastados uns dos outros (vide figs. 4 e 5).

As espécies mais frequentes e que maior área ocupam são as malpiguiáceas: *Peixotoa hispidula* Juss., *Heteropteris coleoptera* Juss.; as ciperáceas: *Abildgaardia scirpoides* Nees., *Rhynchospora tenuis*



Figura 5 — Vista da fimbria de moita densa  
View of a shrub thicket border.

área em média de 50 m<sup>2</sup>, alcançando mesmo de 100 a 200 m<sup>2</sup>. O manto vegetal, que não cobre mais do que 5% da área ambiental, é constituído por hemisporófitas e caméfitas, de sistema radicular pouco profundo e paralelo à superfície

Link., *Heleocharis caribaea* (Rott.) Blake.; as gramíneas: *Andropogon leucostachyus* H.B.K., *Aristida setifolia* H.B.K., e a rosácea lenhosa, ainda que rasteira, *Couepia ovatifolia* Benth.

Frequentes, porém de cobertura ne-



gligenciável, devido à forma de crescimento e à abundância, são as leguminosas: *Cassia flexuosa* L., *C. persoonii* Collad., *C. tetraphylla* Desv., *Stylosanthes gracilis* H.B.K.; as verbenáceas: *Stachytarpheta glabra* Cham., *S. schottiana* Schau.; a litrácea: *Cuphea flava* Sprengel.; a ericácea, *Gaylussacia brasiliensis* (Spreng.) Meissn., e a convolvulácea *Evolvulus genistoides* v. Ooststr. ex char.

Ocasionalmente, ocorrem indivíduos isolados de plantas, que chamam a atenção pelo seu porte e forma, dando assim uma falsa impressão de frequência e

Mart. e, as cactáceas *Cereus pernambucensis* Lem. e *Pilocereus arrabidae* Lem.

O substrato, constituído por areia de granulação média, com pouca matéria orgânica, de côr branca a amarelada, é perfeitamente plano e regular, como se fôsse um cimentado. A camada superior do solo, muito porosa, com uma espessura de 10 a 20 cm, apoia-se sôbre uma camada de turfa, pura ou misturada com areia, de espessura variável, com 30 cm, no máximo. À profundidades de 3 a 7 metros, encontra-se uma camada de areia de granulação fina, cimentada, que constitui um "hard-pan" compacto e impermeável.



Fig. 6 — Estrutura da copa de moita densa — estação C; notem-se à direita fachos de luz que penetram através da fímbria (fotografia tirada do chão)

Canopy structure of a dense shrub thicket — station C; note at right the light beams that passes through the thicket's edge (photo taken from the ground).

abundância, como a palmeira-anã de caule subterrâneo, *Diplothemium maritimum*

A vegetação que circunda os espaços desnudos tem tal estrutura que êstes es-

paços ficam como se estivessem delimitados por muros. A passagem do desnudo para a moita é brusca e bem definida.

Foi selecionado um destes espaços como sede do ponto de observações microclimáticas — *estação A*.

#### MOITA DENSA

As moitas densas são, normalmente, de forma hemisférica com contôrno elíptico-alongado e preciso (fig. 5).

Ocupam, em geral, uma área bem maior que a dos espaços desnudos.

É espessa, de 50 a 100 cm, bastante densa, de côr verde-escuro e constituída por fôlhas pequenas (micrófilas), elípticas e curto-peciolas. O entrelaçamento dos ramos no interior da copa é bastante íntimo, dificultando sobretudo o seu rompimento (fig. 6).

As arvoretas que constituem a moita são de troncos finos — 6 a 10 cm de diâmetro — retilíneos, cilíndricos, ramificando-se a uma altura de 1,50 a 2,00 metros acima do solo. A densidade é bastante alta, estando os troncos espaçados de 50 a 80 cm. Suas cascas são finas, lisas e cobertas por líquens (fig. 7).



Figura 7 — Estrutura do interior da moita densa  
Internal structure of a dense shrub thicket.

A altura maior — que se situa no centro da moita — é de magnitude de 3 a 4 metros.

A copa, que dá a forma hemisférica à moita, atinge o chão nas suas fímbrias.

O espaço dos troncos é ocupado por um grande número de lianas de caules finos, de 2 a 5 mm de diâmetro, desprovidos de fôlhas, as quais só aparecem no interior e na superfície externa da copa.



As lianas mais freqüentes são as dioscoreáceas: *Dioscorea sinuata* Vell., *D. laxiflora* Mart.; as smilacáceas: *Smilax brasiliensis* Spreng., *S. procera* Griseb., *Herperia salsaparrilha* Mart.; a sapindácea, *Serjania ichtyoctonia* Radlk.; a hipocrateácea, *Hippocratea volubilis* L. e a orquidácea, *Vanilla chamissonis* Kl.

Em certas moitas, a copa atinge o chão, enquanto que em outras, ela termina a uma certa altura do solo, altura esta que pode variar de 50 cm a 1 metro. Quando isto ocorre, estabelece-se na fímbria um cordão denso e contínuo constituído pelas bromeliáceas: *Vriesia neoglutinosa* Mez., e, *Aechmea nudicaulis* var. *cuspidata* Baker. Ocasionalmente, ocorrem, de permeio com as bromeliáceas, indivíduos isolados das verbenáceas: *Lantana camara* var. *aculeata* (L.) Mold., *L. fucata* Lindl.; da leguminosa *Inga maritima* Benth. e de diversas outras espécies de bromeliáceas.

O chão, coberto por uma espessa camada de fôlhas mortas (vide fig. 7), em geral, com cêrca de 5 cm de espessura, é ocupado esparsamente por pequenas colônias de orquidáceas — *Laelia purpurata* Lindl. e *Cattleya guttata* Lindl.; de comelináceas — *Dichorisandra thyrsiflora* Mikan. — e de diversas espécies de aráceas e polipodiáceas.

Ocasionalmente, encontram-se plântulas de *Pilocereus arrabidae* Lem. e de *Diplothemium maritimum* Mart. ou mesmo indivíduos adultos, isolados e bastante modificados de *Vriesia neoglutinosa* Mez., *D. maritimum* Mart., *P. arrabidae* Lem. e de *Bromelia antiacantha* Bertol.

Nas proximidades das fímbrias, quando estas são mais abertas e afastadas do chão, ocorrem colônias densas da orquídea, *Laelia purpurata* Lindl.

Abaixo da camada de fôlhas mortas, encontra-se um horizonte de 10 a 20 cm de areia escura, constituída por uma mis-

tura de grãos silicosos finos, matéria orgânica finamente dividida e matéria orgânica em grumos. Abaixo dêste, ocorre uma terceira camada de 10 a 40 cm de espessura, de côr cinzento-escuro, constituída por uma mistura de grãos finos silicosos e matéria orgânica finamente dividida. A seguir, vêm horizontes com espessuras mínimas de 40 a 50 cm, constituídos por areias de granulação bastante fina e de côr cinzento-clara.

O lençol freático localizado à uma profundidade de 5 a 6 metros, apoia-se sôbre um "hard-pan" de côr ferruginosa e espessura variável.

O epifitismo é raro, ocorrendo unicamente nas abas da copa, ou então junto à fímbria. As espécies epifíticas mais comuns são as bromeliáceas: *Tillandsia usneoides* (L.) L. e *T. stricta* Soland.; a orquidácea *Epidendrum denticulatum* Rodr. e inúmeras espécies de líquens.

Enraizando-se junto à fímbria e desenvolvendo-se sôbre a superfície externa da copa, encontram-se diversas lianas, como sejam as apocináceas: *Mandevilla funiformes* (Vell.) K. Sch., e, *Temnadenia stellaris* (Lindl.) Miers.; as asclepiadáceas: *Oxypetalum banksii* R. & S., e, *Tetastelma odoratum* Dane ex. char.; a malpigiácea, *Peixotoa hispidula* Juss.; a sapindácea, *Paullinia weinmannifolia* Mar.; a bignoniácea, *Lundia cordata* D.C., e, a passiflorácea, *Passiflora mucronata* Lam. Em certas moitas, o seu desenvolvimento é tal que cobre inteiramente as abas da copa.

As arvoretas que constituem as moitas são quase que exclusivamente mirtáceas, sendo as mais freqüentes: *Eugenia nitida* Cambess., *E. uniflora* L., *E. ovalifolia* Cambess., *E. copacabanensis* Kiaersk., *Myrrhimum atropurpureum* Schott., *Myrcia lundiana* Kiaersk., *Mitranthes obscura* (DC.) Legr., *Psidium littorale* Radd.

Além destas, ocorrem freqüentemen-

te outras espécies, como as rosáceas: *Couepia ovatifolia* Benth. e *Chrysobalanus icaco* L.; as mirsináceas: *Rapanea parvifolia* (A. DC.) Mez. e *R. umbellata* (Mart. ex A. DC.) Mez.; a anacardiácea, *Tapirira guianensis* Aubl.; a humiriácea, *Humiria balsamifera* var. *parvifolia* (Juss.) Cuat.; a laurácea, *Ocotea notata* (Nees.) Mez.; a malpigiácea, *Byrsonima sericea* DC.; a melastomácea, *Miconia candolleana* Triana.; a sapotácea, *Mimusops subsericea* Mart.; a dileniácea, *Dolioscarpus dentosus* Mart.; a ochnácea, *Ouratea oliviformis* (St. Hil.) Engl., e as leguminosas *Andira legalis* (Vell.) Toledo e *Cassia australis* Vell.

No interior de uma moita do tipo aci-

ma descrito é que foi localizada a — estação C —.

#### MOITA ABERTA

O pôsto de observação microclimatológico — estação B — foi instalado no interior de uma moita aberta (fig. 8), estruturalmente intermediária entre o espaço desnudo e a moita densa.

A diferença primordial entre êste tipo de moita e a densa, situa-se na fímbria. A copa jamais atinge o chão, tendo agora a forma de uma calota esférica, afastada do mesmo na sua periferia de cêrca de 2 a 3 metros.

Os troncos das arvoretas que a constituem são mais grossos e mais afastados; copa menos densa.



Figura 8 — Estrutura do interior da moita aberta — estação B  
Internal structure of the open shrub thicket.



O chão é praticamente desprovido dos ocupantes típicos da moita densa. Florísticamente, êstes ambientes caracterizam-se pela presença das gutíferas: *Clusia fluminensis* Pl. & Tr. e *C. hilariana* Schlecht.

#### VI — MACROCLIMA.

O macroclima da região de Cabo Frio é de *tipo tropical chuvoso*, com um verão quente e de chuvas, e um inverno de sêca não rigorosa à semelhança do que ocorre em tôda a faixa litorânea do Estado do Rio de Janeiro, acima da cidade de Saquarema.

Êste macroclima pode ser enquadrado dentro do *tipo Aw* de Koeppen (1948).

Dentro dêste aspecto climático geral, Cabo Frio, por sua própria localização, tem características que o distinguem de tôda a orla costeira fluminense, e que são dadas pela baixa pluviosidade, constância de ventos e alta evaporação.

A análise climática foi baseada em normais para um período de 26 anos, 1916 a 1935, calculadas pelo Serviço de Meteorologia (Anônimo, 1941). O pôsto meteorológico oficial está localizado na cidade

de Cabo Frio, na posição de 22°53'S e 42°02'W e a uma altitude de 1,29 m. Dista cêrca de 8 km, ao norte, da área de observações microclimáticas. O local de sua instalação tem topografia e elevação semelhantes àquelas.

As Tabelas 1 e 2 fornecem, respectivamente, as normais para os diversos elementos e vento.

#### *Temperatura do ar.*

Os meses de mais altas temperaturas diurnas são os de fevereiro (28,9 °C) e março (28,9 °C) que são também os de menor pluviosidade no verão. O mês de mais baixa temperatura diurna é o de agosto (24,2 °C). As temperaturas noturnas mais baixas ocorrem em julho (17,4 °C) e agosto (17,7 °C) e as mais altas, em fevereiro e março, ambos com 22,3 °C.

A amplitude termal diária, durante todo o ano, varia entre 6 °C e 7 °C.

A temperatura média anual, deduzida das observações feitas em 26 anos, é da ordem de 22,9 °C.

#### *Precipitação.*

Dentro de um total anual de 915,4 mm,

MONTH	AIR TEMPERATURE			R.H. (%)	RAINFALL		EVAPOR- ATION
	AVG. MAX.	AVG. MIN.	MEAN		TOTAL (mm.)	Nº OF DAYS	
January	28.4	22.0	24.9	84.0	120.0	18	71.5
February	28.9	22.3	25.3	84.0	80.4	9	65.3
March	28.9	22.3	25.2	85.0	99.1	11	66.5
April	27.8	21.0	24.0	84.0	80.6	10	59.2
May	26.2	19.1	22.5	80.0	66.6	10	64.2
June	25.4	18.1	21.3	82.0	46.6	6	61.9
July	24.5	17.4	20.5	82.0	48.0	8	68.1
August	24.2	17.7	20.6	81.0	43.8	8	73.9
September	25.4	18.6	21.4	82.0	49.1	8	67.7
October	25.4	19.2	21.8	84.0	85.0	13	67.3
November	26.6	20.1	23.1	83.0	92.7	12	70.6
December	27.9	21.4	24.3	83.0	103.5	12	69.0
YEAR	26.6	19.9	22.9	82.8	915.4	125	805.2

Tabela 1 — Normais macroclimatológicas para o período de 1916-1935 da estação da cidade de Cabo Frio

Macroclimatological data for Cabo Frio Town station for the 1916-1935 period.

o período de relativa seca, que vai de junho a setembro, alcança apenas 187,5 mm.

Os meses mais chuvosos — dezembro e janeiro — apresentam em conjunto, 223,5 mm, isto é, um total maior do que aquele caído durante a seca. O total para o período de dezembro a março, época mais quente, é da ordem de 403,0 mm.

#### Evaporação.

É praticamente constante através de todo o ano, variando apenas cerca de 12,0 mm entre os valores totais mensais extremos.

As maiores evaporações ocorrem em agosto (73,9 mm), coincidindo com uma das mais baixas pluviosidades (43,8 mm), e em janeiro (71,5 mm), coincidindo com a maior precipitação do ano (120,0 mm). Isto se deve à alta frequência, nesses dois meses, do vento dessecante alíseo do nordeste.

#### Vento.

O vento (Tab. 2) de maior importância para a região, é o *alíseo de nor-*

agosto (51 vezes); e os de mais baixa frequência os de abril (39 vezes) e maio (38 vezes). A velocidade média oscila entre os extremos de 5,5 m/seg em setembro, e 4,0 m/seg em abril.

Em importância, segue o sudoeste, vento frio e úmido, responsável pelas tempestades e ocorrência das mais baixas temperaturas na região. Suas maiores intensidades se observam nos meses frios de junho (4,0 m/seg) e agosto (4,3 m/seg), apresentando-se com uma frequência respectivamente de 15 e 16 vezes.

A frequência total anual é da ordem de 163 vezes com uma velocidade média de 3,7 m/seg.

Outro fenômeno relevante na compreensão do mecanismo climático da região é a frequência relativamente alta de calmarias, cujo total anual é da ordem de 197 vezes.

#### MECANISMO CLIMÁTICO

A ocorrência das características acima citadas e que determinam a individualização do clima da região de Cabo Frio, dentro da faixa litorânea fluminen-

DIRECTION	FREQUENCY	VELOCITY	DIRECTION	FREQUENCY	VELOCITY
N	22	2.8	SW	163	3.7
NE	534	4.6	W	34	3.3
E	54	2.7	NW	21	2.3
SE	40	2.5	calm	197	-0-
S	27	2.6			

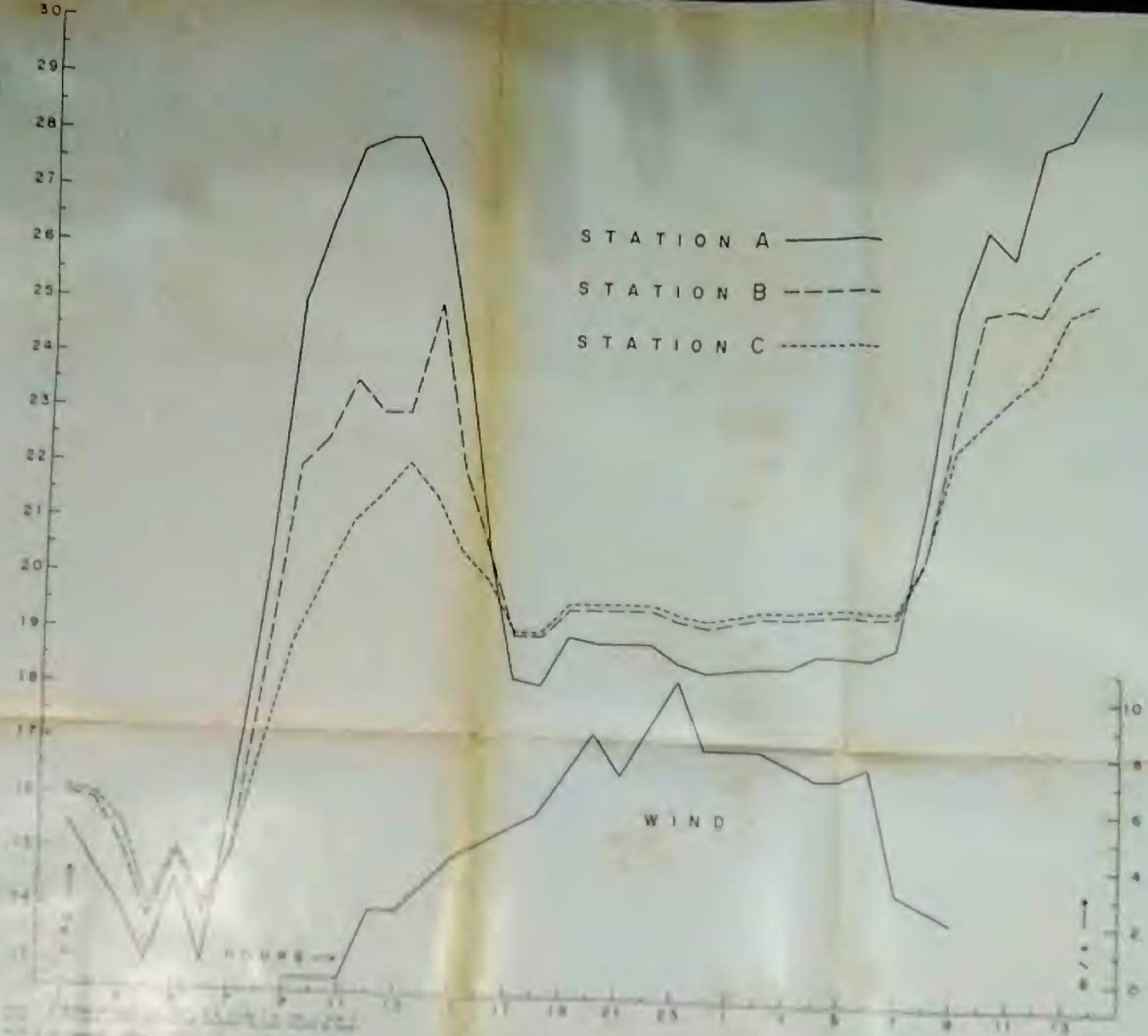
Tabela 2 — Normais de vento para o período de 1916-1935  
Wind data for 1916-1935 period.

deste, que sopra em média 534 vezes por ano, com uma velocidade média de 4,6 m/seg. É um vento constante através de todo o ano, sendo os meses de maior incidência o de janeiro (53 vezes) e o de

se, deve-se ao regime dos ventos e à posição da península que penetra pelo mar, dando-lhe uma situação oceânica.

A região de Cabo Frio, como já foi dito, é o ponto de mudança de orienta-





ção da linha de costa, que a princípio oeste-leste, muda aí bruscamente para nordeste. A existência de ilhas próximas à costa permitiu a formação das grandes restingas, distanciando assim, ainda mais, da linha da costa a Serra do Mar, relêvo responsável pela precipitação das massas úmidas oceânicas. A península de Cabo Frio penetra tão profundamente no oceano, cêrca de 12 km, que se situa no limite, entre a zona de influência da massa continental instável e de baixa pressão e a zona de influência da massa tropical atlântica de alta pressão. Daí, o predomínio em freqüência e fôrça, do vento de nordeste, que se origina na massa tropical atlântica.

A baixa pluviosidade é devida: não só ao grande afastamento da zona de condensação — Serra do Mar —, aos ventos fortes e constantes que carregam rapidamente para o interior as massas úmidas, às correntes ascencionais quentes provenientes do solo arenoso e que elevam as massas úmidas, mas também, à influência das zonas de baixas precipitações que existem no meio do oceano à altura do trópico.

As chuvas da primavera e verão são produzidas pela massa equatorial continental e a frente intertropical, enquanto que as chuvas mais fracas do outono e do inverno o são pelas penetrações das massas frias trazidas do sul pelos ventos de sudoeste. Estas são mais freqüentes no fim do verão, quando a massa equatorial atlântica e o anticiclone atlântico recuam para o norte. A inexistência de uma estação sêca rigorosa é devida a penetrações de massas polares que provocam precipitações locais.

Os ventos de nordeste, descendentes, frios e sêcos na sua origem, posteriormente aquecidos adiabaticamente, são os responsáveis pela alta evaporação da região. Acresce ainda, que pela sua cons-

tância e intensidade, têm efeito amenizador nas altas temperaturas, derivadas do processo de troca de calor pelo solo arenoso. O seu cessamento determina, imediatamente, a ocorrência de altas temperaturas na camada de ar, até 2 metros acima do solo.

O vento nordeste é ainda responsável pela constância da amplitude termal diária de 6 °C a 7 °C, atrás citada, através de seu efeito aquecedor noturno, que será melhor estudado mais adiante.

A região de Cabo Frio tem ainda uma outra característica interessante, que é a ressurgência ou afloramento, muito próximo à costa, da corrente fria das Malvinas, que até êste ponto corre em profundidade. É esta corrente a responsável, não só pela excelência dos pesqueiros locais resultante da condensação e morte do plancton por ela trazido, quando em contato com as águas quentes, mas também, pelo freqüente aparecimento, durante o inverno, de grandes quantidades de pingüins. Dão às praias, sobretudo à de Massambaba, em certas ocasiões, duzentos ou mais indivíduos.

A presença desta corrente não implica na redução das temperaturas do ar na região. A massa de ar frio existente acima da corrente, em certas ocasiões, facilmente verificável pelos bancos de nevoeiro, é rapidamente misturada às predominantes massas de ar quente através do constante vento NE (J.C. Junqueira Schmidt, 1960, em conversação). Caso haja alguma influência climática da parte desta corrente, ela atuará somente nas vizinhanças da linha costeira e ao nível microclimático. Fato êste que talvez contribua para explicar a ocorrência de comunidades vegetais únicas em todo o litoral, e também do endemismo, quer de espécies quer de ecotipos, surpreendente para uma região costeira não isolada geograficamente. Note-se ainda, que estas



características especiais se restringem à zona próxima ao mar.

#### MACROCLIMAS LOCAIS

Na Tabela 3, são comparadas as temperaturas médias mensais, das duas estações climatológicas locais, para o ano de 1953: a da cidade de Cabo Frio e a da Cia. Nacional de Alcalis — esta situada no interior da restinga.

Cabo Frio é uma só entidade climática, existissem ou não, sobre ela, variados tipos de obstáculos.

Microclimaticamente, por outro lado, entende-se que haverá pelo menos tantos microclimas quantos forem os tipos de obstáculos.

Os fatores que induzem à segregação de microclimas no plano horizontal, são: a macro e a microtopografia, a constitui-

MONTH	AVERAGE MAX.			AVERAGE MIN.		
	C. FRIO	ALCALIS	DIF.	C. FRIO	ALCALIS	DIF.
January	30.0	28.1	1.9	22.4	23.2	0.8
February	29.1	27.2	1.9	22.4	23.2	0.8
March	29.7	27.8	1.9	22.3	23.4	1.1
April	28.1	27.2	0.9	21.0	23.1	2.1
May	25.7	25.4	0.3	19.5	21.9	2.4
June	25.4	23.8	1.6	18.4	20.0	1.6
July	23.9	25.3	1.4	16.6	18.5	1.9
August	24.6	23.2	1.4	17.7	19.3	1.6
September	25.2	23.5	1.7	19.0	20.3	1.3
October	25.8	24.6	1.2	19.6	20.8	1.2
November	26.6	25.2	1.4	20.5	20.4	0.1
December	27.4	25.3	2.1	21.6	21.2	0.4
YEAR	26.8	25.3	1.3	20.1	21.2	1.1

Tabela 3 — Comparação entre as temperaturas máximas e mínimas para Cabo Frio e Alcalis

Comparative maximum and minimum temperature data for Cabo Frio and Alcalis Co.

Através de sua inspeção, verifica-se que há constante e maior aquecimento diurno da cidade sobre a restinga. Durante a noite, por outro lado, a restinga se apresenta mais quente. Esta condição, de temperaturas menos extremas da restinga em relação à cidade, advém da proteção que exerce a cobertura vegetal, mais ou menos densa, na perda e ganho de calor.

#### VII — OS MICROCLIMAS

Macroclimaticamente, a restinga de

ção qualitativa do substrato e as variações de estrutura da cobertura vegetal. Assim, haverá, pelo menos, tantos microclimas quantos forem os tipos de estrutura de cobertura vegetal na restinga.

Os ambientes analisados constituem, de per si, diferentes etapas representativas do processo evolutivo da estrutura da vegetação. Desta forma, seu estudo comparativo dará uma idéia da seqüência de microclimas, ou melhor, do processo de transformação microclimática, a partir de um espaço desnudo.

Ao aumento de complexidade na estrutura corresponderá uma melhor delimitação e individualização microclimática. Embora não se tenha cuidado aqui do problema da evolução físico-química do substrato, convém lembrar que ela acompanha, ainda que com certa decalagem no tempo, o processo de evolução microclimático. Sua velocidade e direção estão condicionadas pelo microclima acima da superfície — que é induzido pela estrutura da cobertura vegetal.

#### TEMPERATURA DO AR

Dentre os contínuos registros de temperatura do ar, dois períodos foram selecionados e analisados em detalhe. Esses períodos foram escolhidos por terem sido considerados como típicos, *quanto à forma da marcha diária*, do período de observação.

A fig. 9 grafa a marcha da temperatura a partir da 1.00 h do dia 7 de julho de 1953 até às 14.00 h do dia 8. Já a fig. 13 dá a marcha para os dias 28 e 29 de maio, para o mesmo horário.

A fig. 10, equivalente à fig. 9, mostra os gráficos correspondentes aos três ambientes estudados para o primeiro dos períodos citados. Esta mesma figura será analisada posteriormente, com outros fins.

As figs. 11 e 12, mostram a variação horária da radiação solar e da direção e velocidade do vento, registradas pela estação macroclimatológica da Cia. Nacional de Alcalis, nos dias 7 e 8 de julho.

A seleção daqueles dois períodos prende-se ao fato — lei fundamental da microclimatologia (GEIGER, 1950) — de que o papel exercido pela superfície do chão nos balanços de radiação, calor e água, explica os contrastes de temperatura e umidades verificados na camada de ar junto ao chão.

A determinação de tais contrastes, re-

flexo dos balanços termal e de umidade, prende-se às condições sob as quais está sujeita normalmente a superfície do chão. Dias cujas características se afastam das que normalmente ocorrem na região, não se prestam a estudos destinados à descoberta de contrastes desconhecidos.

Não teria sentido aqui, cujo objetivo principal é a definição e discriminação de microclimas de ambientes adjacentes, analisar outros dias que não aqueles cujas características fôssem as mais freqüentes: ausência de nebulosidade e presença de vento NE.

#### MARCHA DIÁRIA DA TEMPERATURA PARA 7-8 DE JULHO

1. Nas horas que precedem ao nascer do sol, o ambiente que apresenta temperaturas mais baixas é o *espaço desnudo*, como era de se esperar. A *moita densa* — estação C — é o ambiente mais aquecida e a *moita aberta* — estação B — que é intermediária, aproxima-se, sempre e acentuadamente, daquela no seu comportamento termal noturno. A diferença entre as temperaturas das duas moitas é em média da ordem 0,2°C, enquanto que a diferença em relação ao *espaço desnudo* é da ordem de 1°C. Esta pode ser de 1,5°C, como a que ocorreu às 3.00 h do dia 7, ou mesmo baixar para 0,5°C, como se verificou às 5.00 h desse mesmo dia.

Não obstante terem-se situações inteiramente opostas — *espaços desnudos e moitas de vegetação* — verifica-se que o paralelismo existente, e esperado, entre as marchas de temperatura noturna para as duas moitas, também se estende para o *espaço desnudo*.

2. Com o nascer do sol, às 6.35 h, o gradiente noturno entre os três ambientes diminui. Cerca de 15 minutos depois, ocorre a *inversão do espaço desnudo* —



em relação às duas moitas, que a este momento ainda apresentam a mesma disposição noturna.

3. Às 7.00 h, o *espaço desnudo*, que ao nascer do sol era o ambiente que mais baixa temperatura apresentava, já é 1°C mais quente que o conjunto das *moitas*.

Quando tem início a irradiação solar (incoming radiation), a superfície do terreno arenoso desnudo, encontra-se molhada, não só pela formação de orvalho, mas também pela água capilar proveniente das camadas inferiores.

O *albedo* da areia úmida é de cerca da metade do *albedo* da areia seca. Isto significa que a areia úmida absorve maior quantidade de calor, ao mesmo tempo que, devido ao fato do calor específico da água ser cinco vezes maior do que o da partícula sólida, libera menos energia do que a areia seca. A limitação da liberação de calor e da radiação refletida pelo solo úmido, impede que o ar acima do *espaço desnudo* tenha a esta hora temperaturas mais altas do que as observadas. Caso esta situação não prevalecesse, a diferenciação entre o *desnudo* e as duas *moitas* seria mais frisante, isto é, suas temperaturas difeririam de um número de graus maior do que o verificado.

É ainda a esta hora, que ocorre a *inversão* do comportamento termal entre as duas *moitas*. Esta *inversão* processou-se aqui ao nível de 15 °C, enquanto que no dia 8, ao nível de 20,5 °C.

Logo após às 7.00 h, os três ambientes já se apresentam com a disposição diurna, em que o *espaço desnudo* é o mais quente e a *moita densa* — estação C — a menos aquecida.

A decalagem do momento de ocorrência da *inversão* termal entre o *espaço desnudo* e as duas *moitas* e de uma *moita* em relação à outra, decorre do fato, de que no *espaço desnudo* os aparelhos estavam situados *acima da superfície ativa*,

que é o próprio solo, enquanto que nas *moitas*, os aparelhos estavam situados bem *abaixo das superfícies ativas*, que neste caso são as próprias superfícies das coberturas vegetais. Nestas, a radiação é interceptada pelas folhas e ramos, de tal forma que somente uma quantidade é capaz de atingir o chão. Esta quantidade é pequena no caso, uma vez que a *superfície ativa*, isto é, a *copa* é densa, hemisférica e envolvente. O fato de ela atingir o solo junto às fimbrias torna mínimo e mesmo desprezível o ganho de calor por advenção (advection), a não ser em presença de vento. O papel exercido pela parte superior da *copa*, na filtragem e redução da radiação solar vertical, é também exercido pelas partes laterais da *copa* em relação à radiação horizontal, derivada primordialmente do *albedo* da areia.

4. Das 7.00 h às 9.00 h, por já se achar o sol bastante acima do horizonte, e, portanto, por ter aumentado consideravelmente a radiação solar, o aumento da temperatura nos três ambientes processa-se abrupta e rapidamente, sobretudo no *espaço desnudo*. O aumento de temperatura neste último ambiente é da ordem de 9 °C, alcançando assim, às 9.00 h um nível de 25 °C.

O aquecimento na estação B, nesse espaço de tempo de 2 horas, foi de 7 °C, enquanto que na *moita mais densa* foi de somente 4 °C.

É neste momento, ou sejam, 2 horas e 30 minutos, após o nascer do sol e 1 hora e 30 minutos após o início da queima do papel no solarímetro, que se tornam mais evidentes as diferenças no comportamento diário da temperatura nas três situações as quais se distanciam de 3 °C.

5. O período das 10.00 h às 14.00 h caracteriza-se pela ocorrência de *grandes flutuações*.

As principais causas das *flutuações*,



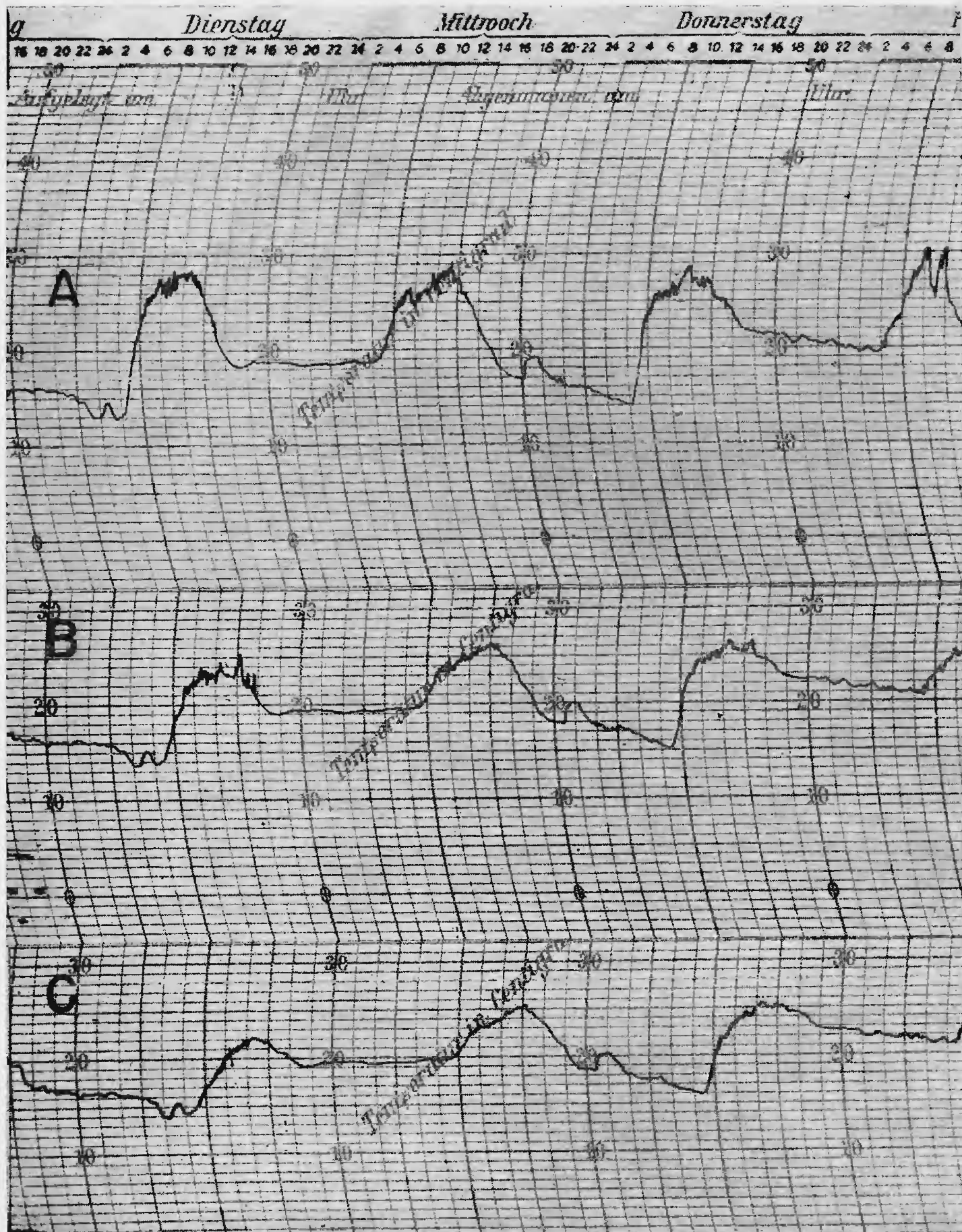


Figura 10 — Registros da temperatura nas estações A, B e C para os dias 7, 8 e 9 de julho. Note-se o efeito aquecedor do vento nas moitas de 7 para 8 e de 9 para 10  
 Temperature records at stations A, B and C for July, 7, 8 and 9 th. Notice the wind warming effect during the nights of 7-8 th and 9-10 th.



observáveis na marcha diária da temperatura junto ao chão, são:

a. a turbulência violenta do ar determinada pelo processo de transmissão de calor por convecção, que é o que normalmente ocorre no meio do dia e que aumenta com a proximidade do solo;

b. a convecção dinâmica, ou seja, a mistura turbilionar das camadas de ar frio e quente causada pelo vento;

c. a advenção, rápida e momentânea, de ar quente de um habitat para outro, determinada por vento de velocidade variável;

d. a ocorrência ocasional de nuvens, que determinam a redução temporária da radiação solar.

A amplitude e a frequência das *flutuações* determinadas pela convecção termal são modificadas pela velocidade e tipo de vento presentes. Ventos unidirecionais e de mesma velocidade determinam *flutuações regulares e de mesma amplitude*. Ventos de velocidade e direções variáveis condicionam *flutuações de diferentes amplitudes*.

O aumento da convecção dinâmica determinada pelo vento resulta, junto ao chão, em temperaturas mais baixas durante o dia e mais altas durante a noite (GEIGER, 1950). Os efeitos, resfriador e aquecedor, do vento são proporcionais à sua velocidade, e maiores quando o ar passa de calma absoluta para brisa ou então quando há mudança de gradientes nas baixas velocidades. Por outro lado, ventos irregulares e de alta velocidade são os responsáveis pelo aquecimento ou resfriamento por advenção de massas de ar, de um habitat para outro.

As *flutuações* do meio do dia são melhor observadas nos gráficos dos aparelhos registradores (vide fig. 10).

6. Pelo acima exposto, e, através da análise das figs. 9 e 10, verifica-se que:

a. no espaço *desnudo*, no período de 10.30 h às 12.00 h, as *flutuações* foram frequentes e praticamente de mesma amplitude, isto é, 2,2 °C. Já no período de 12,00 h às 14.00 h, elas são mínimas e mais espaçadas, alcançando um valor máximo de apenas 0,5 °C.

Nesse espaço de tempo, de 3 horas e 30 minutos, o vento manteve uma velocidade média de 2 m/seg.

Esta mudança na amplitude das *flutuações* em presença de vento constante, é provavelmente devida a uma ação retardada dos efeitos resfriador e amenizador do vento;

b. na *moita densa* — estação C — praticamente não houve *flutuações* de temperatura. Este comportamento é sem dúvida alguma derivado da estrutura densa ambiente;

c. na *moita aberta*, as *flutuações* são bastante irregulares e de diferentes amplitudes. Além disso, seu período de ocorrência prolongou-se até às 16.00 h, ou seja, foi 2 horas mais longo que no *desnudo*. Em virtude da estrutura aberta da fímbria e de sua posição em relação ao espaço *desnudo*, recebe esta *moita*, massas de ar quente canalizadas, verdadeiros fluxos de calor, provenientes do *desnudo*, as quais determinam o comportamento acima referido. As maiores *flutuações* ocorreram quando o processo de resfriamento já se tinha iniciado no *desnudo*, e foram coincidentes com a mudança do gradiente de velocidade do vento, de 2 para 4 m/seg.

A brusca advenção de massas de ar quente determinou um falso máximo às 14.00 h (25 °C), que discrepa bastante da média das temperaturas mais altas. Nos demais ambientes, os máximos ocorreram às 13.00 h, com valores que não se afastam da média das temperaturas mais altas neste período.

7. Às 14.00 h, o processo de resfriamento já está em pleno curso em todos

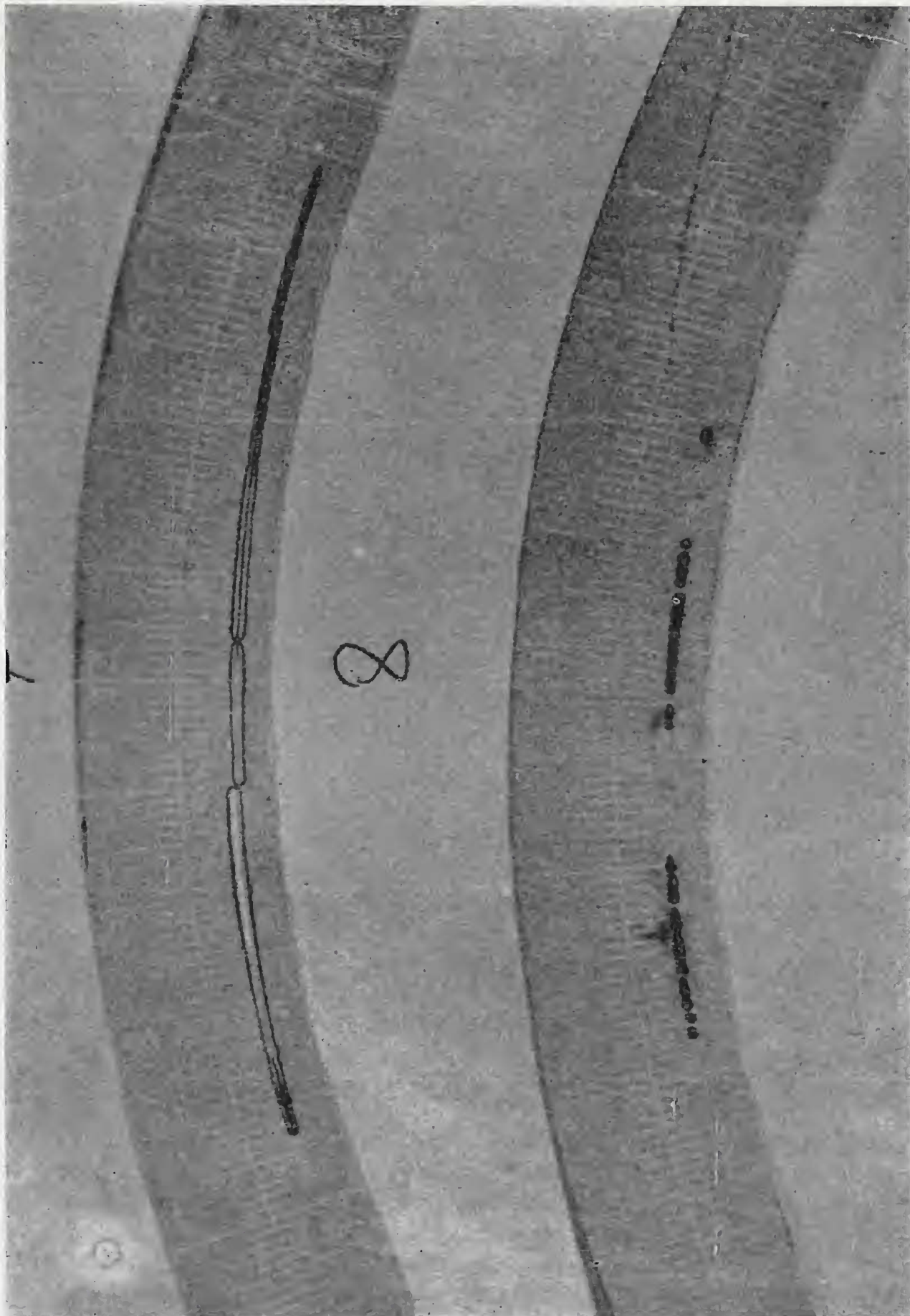


Figura 11 — Registros da **radiação solar** para os dias 7 e 8 de julho obtida na estação  
macroclimatológica da Alcalis  
Solar radiation records for July 7-8 th obtained at the Alcalis Co. macroclimatological  
station.



os ambientes, embora tenham ocorrido súbitas flutuações na estação B. O resfriamento é brusco, porém muito mais lento que o processo de aquecimento. Em um intervalo de 2 horas houve uma queda de 6,5 °C para a estação A enquanto que para a estação B ela foi de 4,5 °C, e para a estação C de 1,5 °C.

8. A segunda *inversão*, da estação A em relação à estação B, processou-se 1 hora e 20 minutos antes do pôr do sol (17.20 h) e em relação à *moita mais densa* (estação C), cerca de 1 hora antes. A inversão da estação B em relação à estação C, por outro lado, ocorreu às 17.00 h ou sejam, 20 minutos antes do pôr do sol.

9. Às 17.00 h o regime noturno de temperatura já se instalou em todos os ambientes. A reirradiação (outgoing radiation) nas moitas se dá também a partir da superfície externa da copa.

O resfriamento do interior das moitas processa-se por descida lenta de ar frio. A *copa*, sendo densa e compacta, retarda esta descida e limita a perda de calor por parte das plantas do interior da moita. Por outro lado, a sua parte inferior, não só irradia calor em direção ao solo, mas também reflete a radiação vinda deste último, devolvendo assim parte do calor perdido pelas plantas situadas mais abaixo e pelo solo. Bastante efetiva na proteção contra o aquecimento diurno, a *copa*, no entanto, permite mais facilmente a perda de energia durante a noite.

Esta pouca proteção é contrabalançada pela capacidade termal da estrutura vegetal e também pelo fato de que as superfícies irradiantes, dispostas nas mais variadas posições, distribuem-se, sobretudo aqui, através de considerável volume de ar. Este conjunto de fatos, impede a equalização do comportamento noturno da temperatura nos diversos ambientes.

10. O comportamento normal da mar-

cha da temperatura, durante a noite, seria a sua queda lenta e progressiva, até alcançar um mínimo em torno das 6.00 h. No entanto, verifica-se que:

a. há um aquecimento das 18.00 h para as 19.00 h;

b. as curvas correspondentes aos três ambientes mantêm-se paralelas entre si e ao eixo dos "x";

c. não há decréscimo de temperatura, mas apenas flutuações;

d. as estações B e C são praticamente isotermais, diferindo de apenas 1°C;

e. há um deslocamento para cima, da marcha de temperatura noturna de 7 para 8 de julho em relação à de 6 para 7 de julho.

O aumento da convecção dinâmica determina uma completa mistura de ar quente das camadas superiores com o ar frio junto ao solo, impedindo, assim, a ocorrência de baixas temperaturas. O efeito aquecedor do vento noturno é maior quando o ar passa de calma absoluta para brisa ou quando há mudanças de gradientes nas baixas velocidades. Após uma certa velocidade, o efeito aquecedor do vento desaparece, situando-se este limite, em geral, em torno de 5 m/seg.

Qualquer inversão ou mudança de gradiente no vento determina um comportamento similar na temperatura.

O aumento progressivo da velocidade do vento, de 2 para 5,5 m/seg no período de 13.00 h para as 19.00 h é o fator responsável pela limitação da queda da temperatura e posterior aquecimento, verificado das 18.00 h para as 19.00 h.

O subsequente acréscimo na velocidade do vento não determinou aumento de temperatura. As flutuações verificadas correspondem a flutuações de vento. A constância, bem como o fato de ser de direção NE, quente e sêco, determinou a estabilização termal durante a noite.

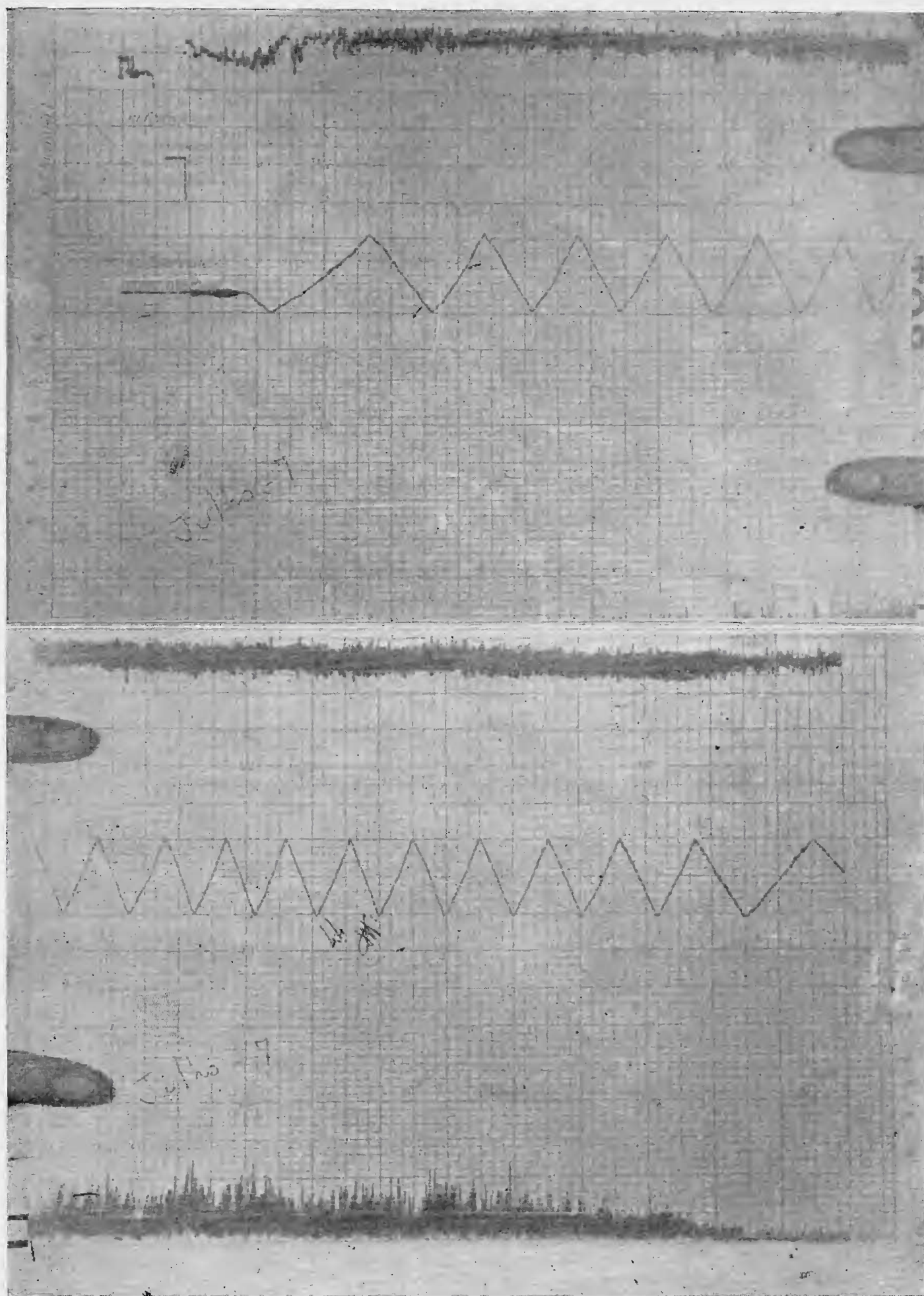


Figura 12 — Registros da velocidade e direção do vento para 7 de julho obtida na estação macroclimatológica da Cia. de Álcalis  
Wind velocity and direction record for July 7 th obtained at Álcalis Co. macro-climatological station.



A isothermia nas duas *moitas* — estações *B* e *C* — que possuem estruturas diferentes, é, sem dúvida alguma, determinada pelo efeito equalizador do vento.

Os diversos efeitos do vento noturno, em relação à temperatura, foram bem estudados por FLOWER (1937) e McADIE (1912).

#### MARCHA DIÁRIA DA TEMPERATURA PARA 28-29 DE MAIO

Para o período de 28-29 de maio, que corresponde a dias típicos de outono, procederemos somente a comparações do comportamento diurno e noturno com aqueles descritos anteriormente.

Comparando-se as curvas correspondentes aos dois períodos (figs. 9 e 13), observa-se que:

1. O comportamento noturno equivale àquele que ocorreu na noite de 7 para 8 de julho — efeito aquecedor do vento atuando.

A diferença entre as temperaturas médias noturnas nos dois períodos é da ordem de 2,5 °C.

2. Em noites de vento, a diferença entre as temperaturas médias de uma noite de inverno e uma de outono é da ordem de 8 °C.

3. A ausência de vento, na noite de 28 para 29 de maio, permitiu o comportamento normal de contínua queda de temperatura, embora acompanhada de pequenas flutuações. Na noite de 7 para 8 de julho esta queda ficou mascarada, como já foi dito, pela ação do vento constante.

4. Enquanto no dia de inverno a inversão das estações *B* e *C* em relação à estação *A* se processou pouco após o nascer do sol, no dia de outono ela ocorreu de 1 hora a 1 hora e 30 minutos após.

A segunda inversão ocorreu no dia de inverno antes do pôr do sol de 1 hora a

1 hora e 30 minutos; ao passo que no dia de outono ela precedeu o pôr do sol de 30 minutos a 1 hora.

5. Comparando-se as mais altas temperaturas do dia 28 de maio com as do dia 7 de julho, constata-se:

a. os máximos nas estações *B* e *C* ocorreram à mesma hora (11.00 h) e 3 horas antes do que na estação *A*;

b. a curva referente à estação *A* apresenta uma grande inflexão às 9.00 h, fugindo assim à forma normal de sino;

c. o máximo na estação *B* que ocorreu no dia 29 de maio é bastante discrepante da média das temperaturas mais altas. Neste dia o máximo foi maior do que a temperatura observada neste mesmo momento no *espaço desnudo* a 30 cm acima do chão.

Os fatos acima explicam-se pelos efeitos de resfriamento e de advenção do vento. Em torno das 9.00 h ocorreu um vento de alta velocidade que ocasionou, não só o resfriamento da estação *A*, mas também o aquecimento das estações *B* e *C* por advenção de massas de ar quente, provenientes da superfície do *espaço desnudo*, o que é demonstrado pelos três picos às 11.00 h na fig. 13. Este efeito se fez sentir mais na estação *B*, devido à sua estrutura.

A ocorrência dessas condições não se limitou aos dias 28 e 29 de maio, sendo freqüente durante o mês.

#### TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS

As Tabelas 4 e 5 fornecem as temperaturas máximas e mínimas e as amplitudes verificáveis nos três ambientes em dois diferentes períodos: 5 a 31 de maio e 29 de junho a 19 de julho. Na segunda parte das Tabelas, são ainda mostradas as diferenças entre as máximas e entre as mínimas, combinados os ambientes dois a dois. Os valores apresentados foram

computados a partir das cartas dos aparelhos registradores.

A Tabela 6 mostra as diferenças entre as médias das temperaturas máximas, mínimas e das amplitudes para os meses de maio e julho, e também as diferenças entre essas médias, combinando-se as estações microclimatológicas, duas a duas.

A própria estrutura da cobertura vegetal, segundo as leis físicas de troca de calor, determina que o ar próximo ao chão, no interior dessas *moitas*, seja mais quente à noite e mais frio durante o dia do que no *desnudo*. RAMDAS (1946), no entanto, verificou que durante um período de cerca de 20 horas, o ar no interior de uma plantação de banana manteve-se mais quente que no aberto. Este fato é explicado como sendo devido a uma acumulação de calor, que não é dissipada com a mesma velocidade que no aberto, em virtude do efeito frenador exercido (wind-break effect) em relação ao vento pela estrutura daquela comunidade. Em

qualquer caso, a cobertura vegetal reduz a amplitude diária de temperatura, determinando regimes de temperatura favoráveis à germinação e estabelecimento de espécies inibidas por temperaturas muito baixas ou muito altas.

Os dados das Tabelas mostram a existência de desvios nos microclimas das moitas em relação ao princípio geral acima citado. Esses desvios foram sempre pequenos e não sistemáticos nessa época. Nos dias 8 e 17 de maio, as temperaturas mínimas na *moita aberta* foram menores de 1 °C e 0,7 °C, respectivamente, do que no *desnudo*; no dia 29 de maio as temperaturas máximas foram as mesmas em ambos os habitats, ou seja, 29 °C.

Esses desvios também atingiram a *moita fechada* — estação C — em relação à *moita aberta* — estação B —, nos dias 9, 11 e 15 de maio, dias em que as máximas de C foram maiores que as de B.

Durante o mês de julho, este fato só foi observado no dia 2, quando a máxima

JUN. JUL. DAY	A			B			C			DIFFERENCES		DIFFERENCES	
	MAX.	MIN.	AMPL.	MAX.	MIN.	AMPL.	MAX.	MIN.	AMPL.	A-B	B-A	B-C	C-B
										MAX.	MIN.	MAX.	MIN.
29	30.0	17.9	12.1	26.5	18.9	7.6	25.0	19.1	5.9	3.5	1.0	1.5	0.2
30	30.0	19.9	10.1	27.0	20.6	6.4	25.5	21.0	4.5	3.0	0.7	1.5	0.4
1	30.5	12.8	17.7	27.1	14.1	13.0	26.1	15.5	10.6	3.4	1.3	1.0	0.4
2	29.5	12.8	16.7	25.5	14.0	11.5	26.0	15.0	11.0	4.0	1.2	(-0.5)	1.0
3	28.9	16.0	12.9	25.6	17.5	8.1	25.0	18.1	6.9	3.3	1.5	0.6	0.6
4	26.0	17.8	8.2	23.5	18.5	5.0	23.5	18.8	4.7	2.5	0.7	0.0	0.5
6	27.0	12.9	14.1	24.0	13.9	10.1	23.0	14.0	9.0	3.0	1.0	1.0	0.1
7	28.5	18.1	10.4	25.5	19.0	6.5	22.0	19.0	3.0	3.0	0.9	3.5	0.0
8	29.1	14.0	15.1	26.5	15.0	11.5	25.1	16.0	9.1	2.6	1.0	1.4	1.0
9	28.9	19.5	9.4	26.5	20.9	5.6	25.5	21.0	4.5	2.4	0.4	1.0	0.1
10	30.5	16.9	13.6	26.0	17.1	8.9	25.5	17.5	8.0	4.5	0.2	0.5	0.4
11	25.2	10.5	14.7	22.6	11.5	11.1	22.1	12.5	9.6	2.6	1.0	0.5	1.0
12	26.5	9.0	17.5	24.0	10.9	13.1	22.1	12.1	10.0	2.5	1.9	1.9	1.2
13	30.0	16.5	13.5	26.5	17.9	8.6	24.5	18.5	6.0	3.5	1.4	2.0	0.6
14	31.0	16.0	15.0	27.5	18.0	9.5	25.0	18.2	6.8	3.5	2.0	2.5	0.2
15	31.5	18.5	13.0	28.0	20.0	8.0	26.0	20.1	5.9	3.5	1.5	2.0	0.1
16	30.1	19.0	11.1	27.0	19.5	7.5	26.0	19.9	6.1	3.1	0.5	1.0	0.4
17	28.0	19.0	9.0	25.5	20.0	5.5	24.0	20.5	3.5	2.5	1.0	1.5	0.5
18	30.0	19.0	11.0	26.1	20.0	6.1	25.5	20.5	5.0	3.9	1.0	0.6	0.5
19	31.0	18.5	12.5	26.9	18.9	8.0	26.0	19.0	7.0	4.1	0.4	0.9	0.1
̄	29.1	16.2	12.8	25.8	17.3	8.5	24.6	17.8	6.8	3.3	1.1	1.2	0.5

Tabela 4 — Comparação entre as máximas e as mínimas para os três ambiente estudados para junho-julho

Comparative maximum and minimum temperature data for the three habitats; June-July period.



da estação C foi de 26 °C e o da estação B foi de 25,5 °C.

O aquecimento ou resfriamento extra, causadores desses desvios, são neste caso devidos não às causas citadas por RAMDAS, mas sim à advenção de massas de ar frio ou quente do aberto para o interior das moitas.

suficiente para matá-la, mas, no caso de espécies não cultivadas, é provavelmente a frequência desses extremos que determina sua ocorrência e distribuição dentro de uma região particular.

Inspecionando-se as Tabelas, verifica-se que as médias das temperaturas máximas e mínimas e a média das amplitudes

MAY	A			B			C			DIFFERENCES		DIFFERENCES		
	LAY	MAX.	MIN.	AMPL.	MAX.	MIN.	AMPL.	MAX.	MIN.	AMPL.	A-B	B-A	B-C	C-B
											MAX.	MIN.	MAX.	MIN.
5	21.5	16.5	5.0	20.5	16.5	4.0	20.0	18.0	2.0	1.0	0.0	0.5	1.5	
6	36.0	14.0	22.0	25.5	14.8	10.7	24.5	16.8	7.7	10.5	0.8	1.0	2.0	
7	32.0	13.9	18.1	27.0	14.5	12.5	25.1	16.5	8.6	5.0	0.6	1.9	2.0	
8	32.5	20.5	12.0	27.5	19.5	8.0	26.0	20.5	5.5	5.0	(-1.0)	1.0	1.0	
9	29.0	19.9	9.1	24.5	20.4	4.1	25.0	21.2	3.8	4.5	0.5	(-0.5)	0.8	
10	31.5	17.0	14.5	28.0	18.0	10.0	26.5	19.5	7.0	3.5	1.0	1.5	1.5	
11	28.5	18.8	9.7	25.9	19.0	6.9	25.9	20.0	5.9	2.6	0.2	0.0	1.0	
12	30.5	16.5	14.0	26.2	17.0	9.2	24.5	18.0	6.5	4.3	0.5	1.7	1.0	
13	28.0	16.1	11.9	24.0	16.5	7.5	24.5	17.5	7.0	4.0	0.4	(-0.5)	1.0	
14	28.1	17.3	10.8	26.0	17.5	8.5	24.1	18.0	6.1	2.1	0.2	1.9	0.5	
15	29.9	14.5	15.5	25.0	15.0	10.0	25.0	17.0	8.0	4.9	0.5	0.0	2.0	
16	29.5	15.0	14.5	27.5	16.0	11.5	27.1	17.5	9.6	2.0	1.0	0.4	1.5	
17	30.5	17.2	13.3	27.5	16.5	11.0	25.0	18.9	6.1	3.0	(-0.7)	2.5	2.4	
18	31.0	15.0	16.0	—	—	—	25.5	16.9	8.6	—	—	—	—	
19	31.0	14.0	17.0	—	—	—	25.9	16.1	9.8	—	—	—	—	
20	31.0	20.5	10.5	—	—	—	26.1	21.9	4.2	—	—	—	—	
21	29.9	20.0	9.9	—	—	—	26.0	22.1	3.9	—	—	—	—	
22	29.9	21.4	8.5	—	—	—	26.1	23.0	3.1	—	—	—	—	
23	29.5	21.5	8.0	27.1	21.9	5.2	26.0	22.5	3.5	2.4	0.4	1.1	0.6	
24	32.0	21.1	10.9	28.5	21.8	6.7	26.5	22.1	4.4	3.5	0.7	2.0	0.3	
25	33.2	18.5	14.7	31.9	19.5	12.4	30.0	20.1	9.9	1.3	1.0	1.9	0.6	
26	36.1	19.9	16.2	30.5	21.0	9.5	28.5	21.5	7.0	5.6	1.1	2.0	0.5	
27	31.5	22.0	9.5	30.0	22.8	7.2	27.0	22.9	4.1	1.5	0.8	3.0	0.1	
28	30.0	20.5	9.5	28.5	21.4	7.1	25.5	21.8	3.7	1.5	0.9	3.0	0.4	
29	29.0	19.1	9.9	29.0	20.1	8.9	25.1	20.5	4.6	0.0	1.0	3.9	0.4	
30	31.5	19.5	12.0	29.1	20.2	8.9	26.1	20.8	5.3	2.4	0.7	3.0	0.6	
31	30.0	19.0	11.0	26.0	18.0	8.0	25.0	18.5	6.5	4.0	1.0	1.0	0.5	
̄	30.4	18.1	12.4	27.0	18.5	8.2	25.7	19.6	5.9	3.4	0.4	1.3	1.1	

Tabela 5 — Comparação entre as máximas e as mínimas para os três ambientes estudados para maio  
Comparative maximum and minimum temperature data for the three habitats for May.

Os extremos, máximos e mínimos, e as amplitudes dos vários fatores do meio são mais importantes na determinação da ocorrência das plantas do que as médias, as quais obscurecem o importante aspecto da variação do fator.

Uma simples ocorrência de um máximo ou de um mínimo de um dado fator climático, acima ou abaixo da amplitude de tolerância de uma espécie cultivada, é

não expressam a variação, de dia para dia, dessas temperaturas e amplitudes, e, por conseguinte, os variáveis extremos a que estão sujeitos os componentes da vegetação desses ambientes e os propágulos das espécies invasoras.

Nos dias 5 e 6 de maio, por exemplo, para a estação A, as amplitudes foram de 5 °C e 22 °C, respectivamente. Este grande afastamento foi determinado pelo fato de

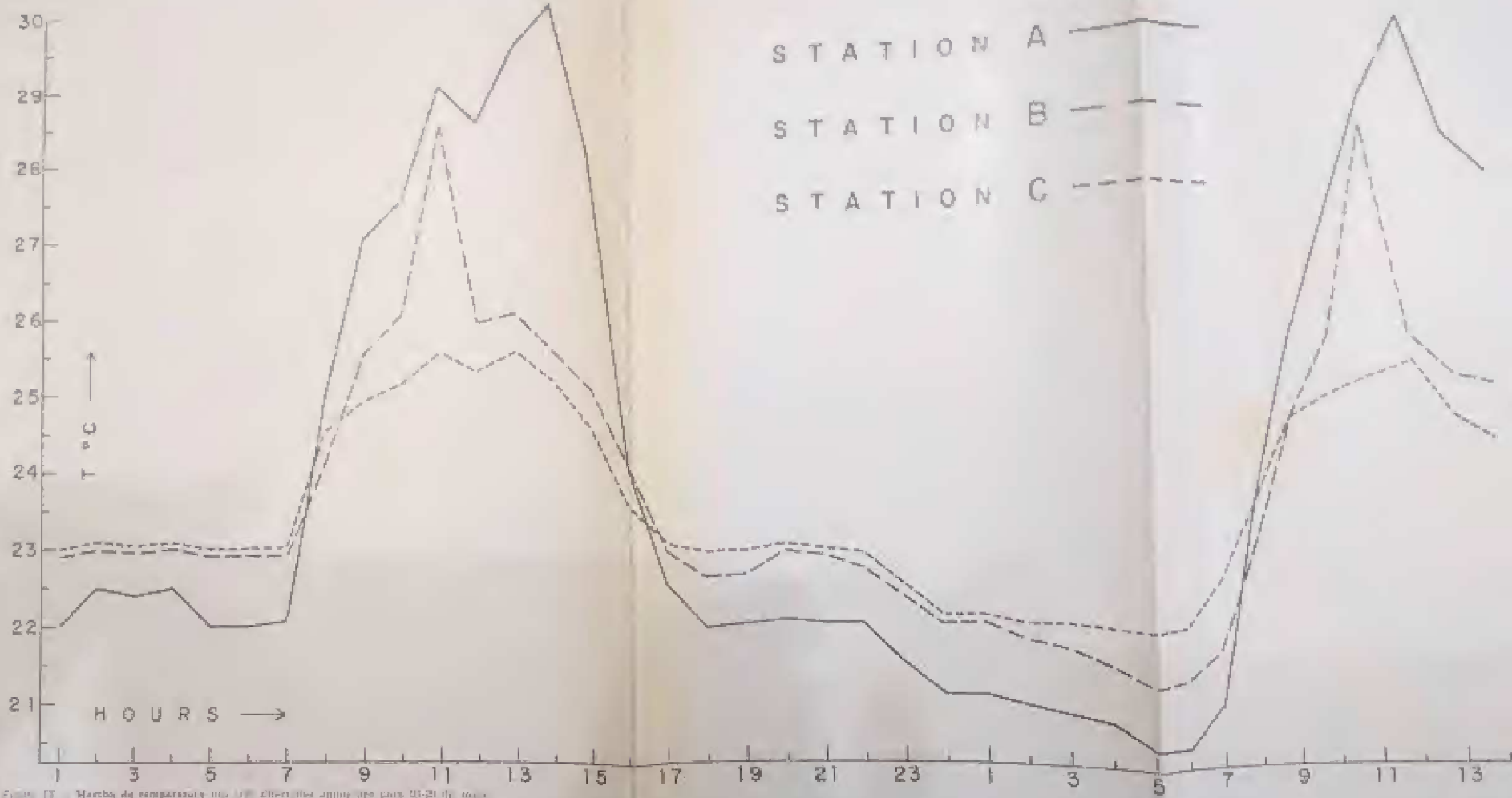


Figure 12 - March of temperature in the different stations (A, B, C) in the month of March.  
 March of temperature at the level of Jabotocá for 20-1-1959.



o dia 5 ter sido chuvoso. Mas, outras grandes amplitudes são verificáveis — ausente o efeito da chuva.

No mês de maio, na estação A, os maiores extremos de temperatura foram 31,6 °C e 13,9 °C.

A diferença em graus, quanto às temperaturas extremas, é, neste caso, mais significativa para as temperaturas máximas do que para as mínimas. A diferença para o mês de maio, entre as temperaturas máximas para as estações A e B, variou de 0,0 °C a 10,5 °C, enquanto que a diferença entre as mínimas variou, apenas, de 0,7 °C a 1,1 °C. No mês de julho, a diferença entre as máximas, para as mesmas estações, variou de 2,5 °C a 4,5 °C.

determina uma maior aproximação das condições da estação B às da estação C.

Durante o mês de julho, quando as condições macroclimáticas são as mais frias do ano, o clima imediato ao chão identifica-se com aquêle observado durante o mês de maio.

Verifica-se pela Tabela 6, que, apesar de as temperaturas máximas e mínimas observadas nos três ambientes, durante o mês de maio, serem sempre maiores do que as observadas em julho, as amplitudes são, pelo contrário, menores em maio do que em julho, donde o valor negativo computado na tabela. O efeito aquecedor noturno e o resfriador diurno do vento explica a ocorrência de amplitudes de

MONTH	A			B			C			DIFFERENCES		DIFFERENCES	
	MAX.	MIN.	AMPL.	MAX.	MIN.	AMPL.	MAX.	MIN.	AMPL.	A-B	B-A	B-C	C-B
										MAX.	MIN.	MAX.	MIN.
May	30.4	18.1	12.4	27.0	18.5	8.2	25.7	19.6	5.9	3.4	0.4	1.3	1.1
July	29.1	16.2	12.8	25.8	17.3	8.5	24.6	17.8	6.8	3.3	1.1	1.2	0.5
Differ.	1.3	1.9	-0.4	1.2	1.2	-0.3	1.1	1.8	-0.9	0.1	-0.7	0.1	0.6

Tabela 6 — Comparação entre as médias das máximas, mínimas e amplitudes para junho-julho para os três ambientes estudados (Veja Tabelas 4 e 5)

Comparative maximum, minimum and amplitude data for May and June-July, for the three habitats.

As diferenças entre as máximas e entre as mínimas das estações B e C pouco se distanciam umas das outras.

As diferenças entre as temperaturas mínimas das estações A e B se confundem com as diferenças entre as mínimas das estações B e C, ou melhor, em relação às mínimas, não há praticamente distinção entre os três ambientes. Êste maior afastamento entre as estações A e B durante o dia, e menor diferenciação entre os três ambientes durante a noite é resultante da diversificação na estrutura das coberturas vegetais. A moita mais aberta — estação B — possui uma estrutura que irá permitir que o comportamento, durante o dia, da camada de ar a 30 cm, se aproxime daquele do espaço desnudo e se afaste do da moita mais fechada. À noite, essa mesma estrutura

pequeno valor, ou seja, abaixa os máximos e eleva os mínimos de temperatura.

#### REGIME TERMAL NO PERÍODO DE OBSERVAÇÃO

##### *Flutuações.*

A ocorrência de *flutuações* diurnas e noturnas não se limita a um mês em particular. Os diferentes tipos, quer sejam por convecção termal, por nebulosidade ocasional, por vento ou por advecção, verificam-se sem nenhuma regularidade através de todo o período. Eles podem ocorrer, mesmo no espaço de um dia, em seqüência ou combinados. O mesmo se pode dizer em relação aos seus valores. *Flutuações* de mesma amplitude, tanto podem ocorrer em maio, como em julho ou agosto.

Portanto, a ocorrência de grande número de *flutuações*, diurnas e noturnas, é uma das características mais frisantes dos ambientes estudados, naturalmente, de muito menor amplitude na *moita densa*.

A estação B, que possui uma cobertura vegetal com estrutura intermediária entre o *desnudo* e a *moita densa*, deveria também ter um comportamento de *flutuações* intermediário. Tal não acontece, sendo as variações de temperatura bem mais marcadas do que no *desnudo*, como pode ser visto na fig. 14 A, B e C.

Estas variações são ocasionadas pela maior ou menor advenção de ar quente, a partir da superfície do espaço *desnudo*, de tal modo que em certas ocasiões a temperatura da *moita aberta* a 30 cm ultrapassa o valor daquela a 30 cm, no espaço *desnudo*.

Assim, neste ambiente, devido à sua estrutura, o processo que prevalece é o da advenção; conseqüentemente, seu comportamento termal é induzido pelo tipo de vento (vide figs. 13 e 14 B).

#### *Efeitos do vento.*

Os efeitos de resfriamento diurno e aquecimento noturno são freqüentes, através de todo o período. O primeiro dos acima citados determina temperaturas máximas menores do que as esperadas para o espaço *desnudo*, e mais altas para a estação B.

O efeito aquecedor noturno, muito mais freqüente que o resfriador diurno, não só se faz sentir com igual intensidade nos três ambientes, mas também modifica de tal forma o comportamento noturno de uma noite de inverno, que êle se torna praticamente igual ao de uma noite de outono sem vento. Além de um levantamento total das temperaturas no decorrer da noite, o vento induz a uma estabilização termal, de tal modo que prã-

ticamente não há queda de temperatura e sim apenas flutuações. As figs. 10 A, B e C, e, 14 A, B e C, mostram, claramente, a alternância de noites sem vento e com vento, enquanto que a fig. 14 D mostra a queda brusca da temperatura noturna, resultante do cessamento do vento.

#### SÍNTESE

O regime termal dos ambientes estudados caracteriza-se:

1. pela grande freqüência de flutuações no decorrer do dia e da noite, sobretudo durante o período de máxima insolação;
2. pelo freqüente efeito aquecedor do vento noturno, determinando mais uma flutuação do que propriamente uma contínua queda de temperatura;
3. por serem temperaturas máximas e mínimas de curta duração, ou mesmo momentâneas, não ocorrendo portanto períodos de estabilização termal;
4. pela variação da hora de ocorrência das máximas, de dia para dia, e de ambiente para ambiente. Isto, devido à advenção de massas de ar dos níveis inferiores do *desnudo*. Em dias de calmaria ou de vento constante, as máximas ocorrem sem decalagem de tempo nos três ambientes;
5. em noites normais, as mínimas ocorreram nos três ambientes à mesma hora, e pouco antes do nascer do sol. Nas noites com vento as temperaturas mínimas são observadas antes do início deste, fato verificável até mesmo ao entardecer, fig. 10 A, B e C;
6. pela nítida diferenciação diurna e prática identidade noturna, derivadas da estrutura física dos habitats.

Tradicionalmente, o clima de uma região significa as condições médias da



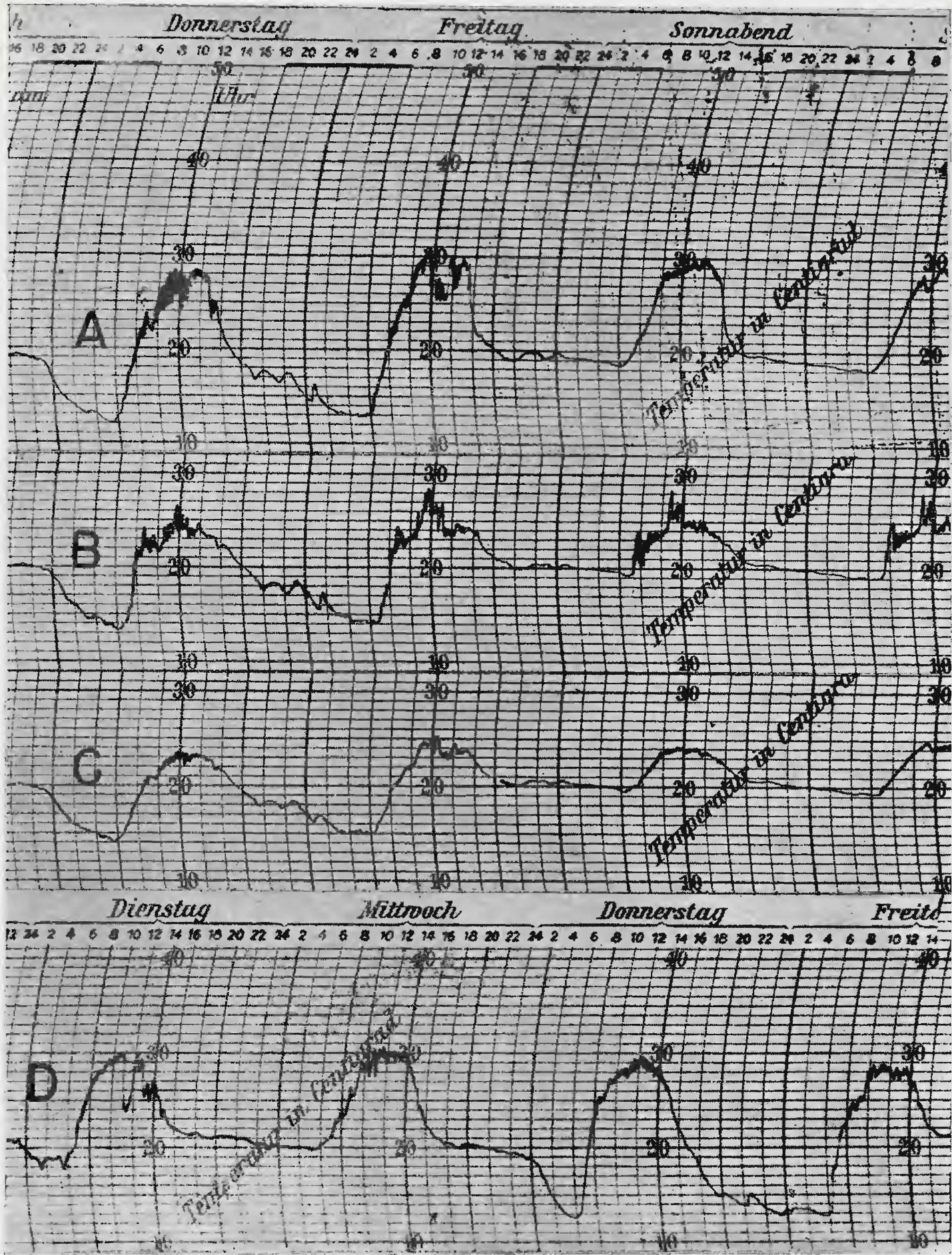


Figura 14 — Registros de temperatura, mostrando os diversos tipos de flutuação —  
 A e D = espaço desnudo, B = moita aberta e C = moita densa  
 (Veja explanação no texto)

Temperature records showing the different types of fluctuation; — A and D = open place, B = open thicket and C = dense thicket (For explanation see text).



atmosfera ao nível de respiração do homem, ou sejam em tórno de 1 m a 1,50 m acima do chão. É a esta altura que são feitas normalmente observações meteorológicas destinadas a estudar o clima regional, ou seja o macroclima.

No entanto, as plantas realizam seus períodos críticos de vida — germinação e estágio de plântula — no interior de uma camada de ar junto ao chão, cuja espessura varia em média de 1 cm a 30 cm. Mesmo o homem, quando em repouso se situa, para a maior parte da

do chão, difere completamente daquele que prevalece à altura de 1 m a 1,50 m. GEIGER (1950) ilustra êste fato dizendo que, a diferença entre a temperatura do solo e aquela ao nível da respiração humana, em uma campina da Europa, é maior que a diferença entre as temperaturas do ar sôbre o deserto da Líbia e na costa do Mediterrâneo.

Esta marcada distinção entre as condições atmosféricas, no mínimo a dois diferentes níveis, deve ser encarada, em poucas palavras, como resultante da su-

MAY	MACRO	MICROCLIMATE			DIFFERENCES		
DAY	M	A	B	C	A-M	B-M	C-M
6	24.5	36.0	25.5	24.5	11.5	1.0	0.0
8	25.0	32.5	27.5	26.0	7.5	2.5	1.0
10	26.0	31.5	28.0	26.5	5.5	2.0	0.5
14	23.5	28.1	26.0	24.1	4.6	2.5	0.6
25	28.5	33.2	31.9	30.0	4.7	3.4	1.5
26	28.0	36.1	30.5	28.5	8.1	2.5	0.5
27	26.0	31.5	30.0	27.0	5.5	4.0	1.0
28	26.0	30.0	28.5	25.0	4.0	2.5	(-1.0)
29	25.5	29.0	29.0	25.1	3.5	3.5	(-0.4)
30	26.4	31.5	29.1	26.1	5.1	2.7	(-0.3)
31	26.0	30.0	26.0	25.0	4.0	0.0	(-1.0)

Tabela 7 — Comparação entre as máximas macroclimáticas e microclimáticas para dias de maio

Comparative macroclimatic and microclimatic maximum data for days of May.

população do globo, dentro desta camada. Donde se conclui que as observações meteorológicas normais, com exceção da pluviometria, pouca utilidade têm nos estudos de correlacionamento, desde a agricultura até o metabolismo humano noturno, com os fatores atmosféricos.

Hoje em dia é fato patente e indiscutível, de que o clima nas vizinhanças

*perfície ativa*, que é a própria superfície do chão, a partir da qual se processa a troca de calor.

A fig. 15 e Tab. 7 vêm mais uma vez demonstrar a nítida diferenciação entre o macroclima e o clima da camada de ar próxima ao chão. É facilmente notada a *ausência de flutuações* e a suavidade da curva representativa das condições macro-



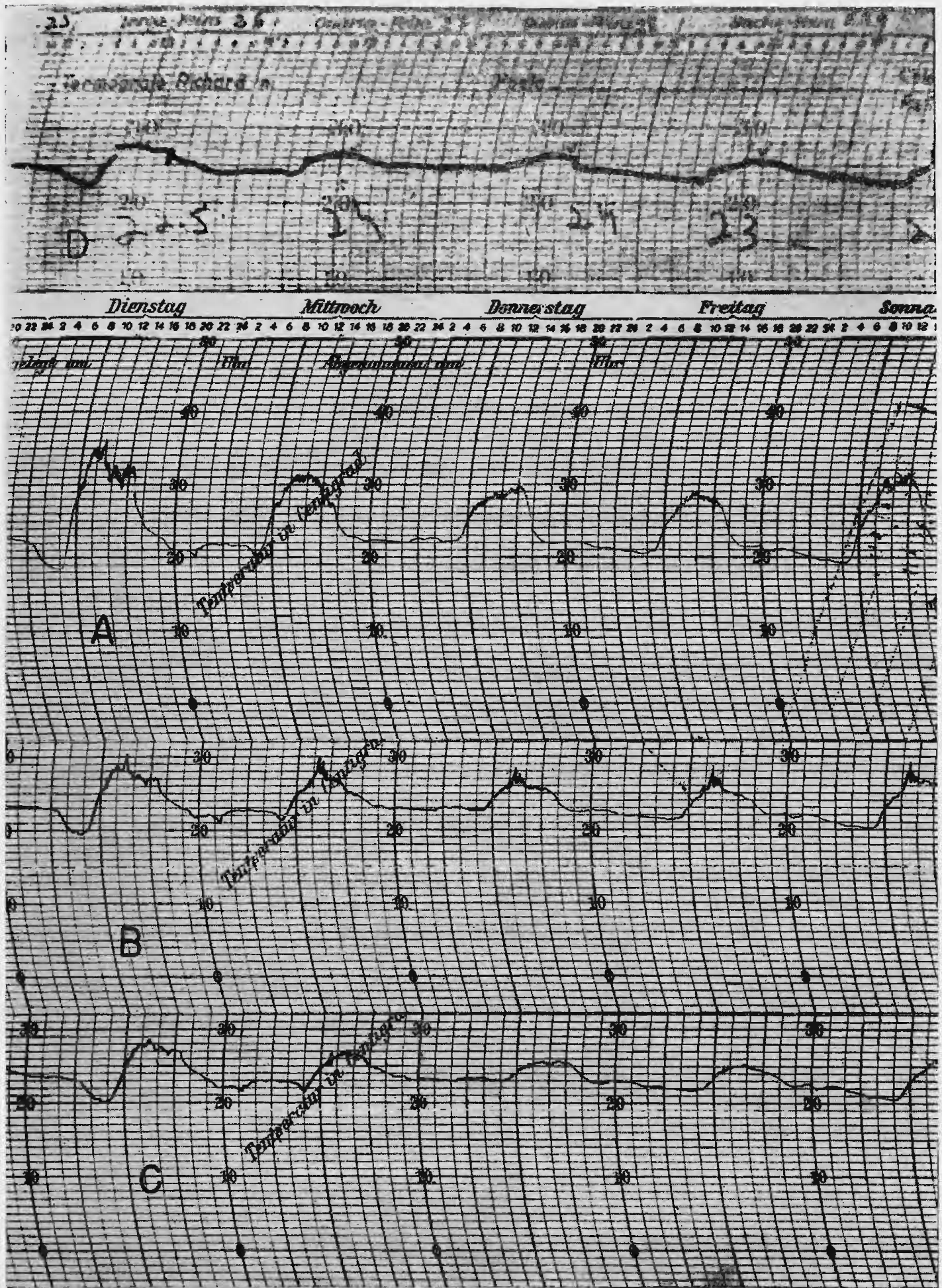


Figura 15 — Comparação entre os registros macro e microclimático da temperatura para um dado período de maio — A, B e C = estações microclimatológicas; D = estação macroclimatológica  
 Comparison between macro and microclimatic temperature record for a period of days of May — A, B and C = microclimatological stations; D = macroclimatological station.



climáticas (fig. 15 D) em comparação com as demais. Nota-se ainda, a semelhança quanto à forma, desta curva com a correspondente à da *moita densa* — estação C — ainda que nesta persistam *flutuações*.

A Tabela 7 mostra de modo mais frissante os fatos que vêm sendo apontados até aqui.

#### UMIDADE ATMOSFÉRICA

O conteúdo de vapor d'água da atmosfera é resultante do processo dinâmico de evaporação, que é a diferença absoluta entre o número de moléculas de vapor d'água que deixam uma superfície e o número de moléculas que a ela retorna durante a unidade de tempo. Esta troca de moléculas é função das pressões de vapor dos dois meios, portanto, a evaporação é proporcional ao gradiente de pressão de vapor entre a superfície evaporante e o ar.

O conhecimento do conteúdo de vapor d'água na atmosfera é, do ponto de vista biológico, importante na verificação da ocorrência ou não, e em que intensidade, dos processos de dessecação e transpiração, vegetal ou animal. Logo, é fundamental saber-se se está ocorrendo evaporação ou condensação, e qual a sua velocidade.

Diversas formas de expressar o conteúdo de vapor d'água na atmosfera têm sido usadas pelos ecologistas: umidade relativa, deficit de pressão de vapor (deficit de saturação), pressão de vapor e ponto de orvalho. É assim, de extrema importância conhecer-se o significado de cada uma dessas expressões em relação ao processo básico de evaporação, ou melhor, a sua utilidade e suas limitações.

Diferentes autores, ANDERSON (1936), LEIGHTLY (1937), THORNTHWAITE (1940), HUFFAKER (1942), MICHELMORE (1947) e outros, discutem a oportunidade do uso

de tais expressões em relação aos problemas ecológicos, embora ainda exista até hoje confusão neste sentido entre os ecologistas.

#### UMIDADE RELATIVA

A umidade relativa que expressa a porcentagem de saturação, não é uma medida direta de qualquer quantidade absoluta de vapor d'água, mas sim uma relação entre dois valores conhecidos: conteúdo atual de vapor d'água da atmosfera e quantidade capaz de existir para a saturação sob as mesmas condições.

Como a umidade relativa depende da temperatura e da quantidade de umidade presente, a mesma umidade relativa para diferentes temperaturas expressará diferentes condições de vapor d'água na atmosfera. Mesmas condições só existirão quando as temperaturas forem idênticas. Assim, à cada mudança de temperatura resulta uma mudança na umidade relativa. Daí se ter que a marcha diurna da umidade relativa acompanha a marcha diurna da temperatura.

Obviamente, a distinção termal que existe entre os três habitats, reflete-se, na mesma proporção, no fator umidade, sem que isso dê idéia de que esteja ocorrendo evaporação e, conseqüentemente, transpiração ou dessecação.

Os regimes diários de umidade relativa para os três ambientes, mostrados na fig. 16, são todos do tipo normal (Geiger, 1950:96).

Em conclusão, a aplicabilidade da umidade relativa como expressão do conteúdo de vapor d'água na atmosfera, para os problemas ecológicos, restringe-se apenas, à distinção entre habitats.

#### DEFICIT DE SATURAÇÃO

Térmo impróprio (Anderson, 1936)



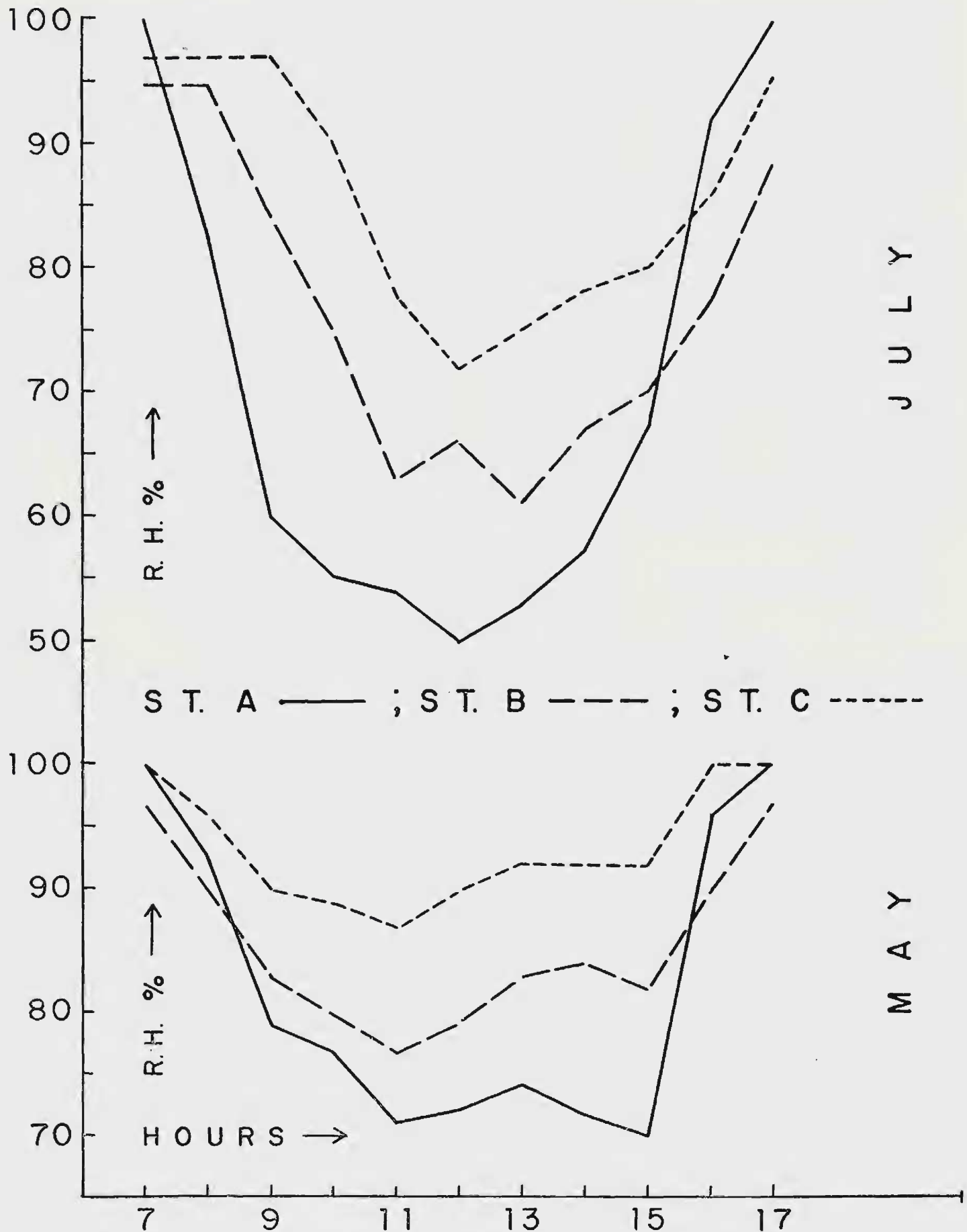


Figura 16 — Registro horário da **umidade relativa** nos três ambientes para 28 de maio e 7 de julho  
 Hourly records of **relative humidity** at the three habitats for May 28 th and July 7 th.

para expressar a diferença absoluta entre a quantidade de vapor d'água atualmente presente no ar e a quantidade que existiria, sem condensação, à mesma temperatura. A expressão mais adequada é a proposta por ANDERSON: — *deficit de pressão de vapor* — DPV.

biológica. Apesar de tais fatos serem perfeitamente conhecidos em Física, a maior parte dos livros de texto de ecologia correlacionam o DPV com fenômenos de ordem biológica (dessecamento e transpiração), admitindo, assim, uma relação direta com a evaporação: BRAUN-BLAN-

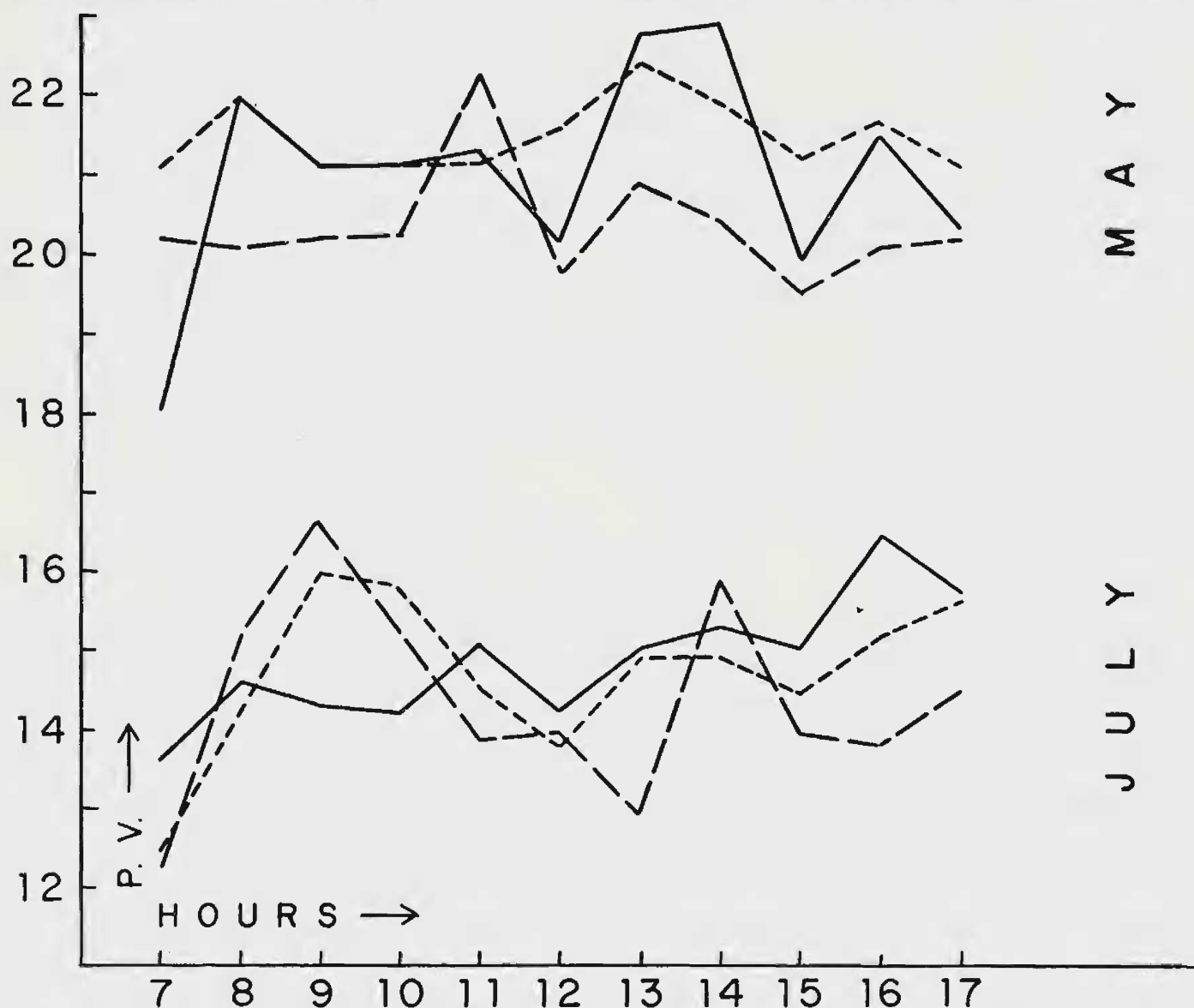


Figura 17 — Variação horária da pressão de vapor para os mesmos períodos e ambientes citados na Figura 16

Hourly variation of vapor pressure for the same periods and habitats as noted in Figure 16.

Aqui, da mesma forma que com a umidade relativa, é difícil visualizar como esta expressão de umidade atmosférica pode satisfazer as exigências de trabalho dos ecologistas, uma vez que nenhuma relação direta tem com a evaporação (Thorntwaite, 1940), que é, como acima ficou dito, o fenômeno de importância

QUET (1932), OOSTING (1956), WEAVER & CLEMENTS (1944), DAUBENMIRE (1947) etc.

A maior utilidade do DPV, do ponto de vista ecológico, é o auxílio que traz à interpretação do dinamismo microclimático dos habitats, muito mais do que a umidade relativa, isto é, o deficit de pressão de vapor sofre maiores variações para



mudanças de temperatura do que a umidade relativa. As observações de WOLFE et al. (1949, Tabela 71) mostram bem a variação do DPV e as limitações da umidade relativa.

Finalmente, o deficit de saturação, muito usado pelos biólogos, expressa somente um aspecto parcial do problema de evaporação. O seu aproveitamento está bem estudado e demonstrado no livro de GEIGER (1950), e em diversos outros trabalhos de caráter microclimático.

#### PRESSÃO DE VAPOR

A única forma de saber-se se está havendo evaporação ou não, e qual sua intensidade, em um dado habitat, é através da determinação do gradiente de pressão de vapor entre a superfície evaporadora e o ar.

A própria dificuldade de mensuração da pressão de vapor junto à superfície evaporadora explica, em parte, a raridade de trabalhos desta ordem. THORNTWHAITE & HOLZMAN (1939), procurando resolvê-la propuseram um método de determinação do gradiente de pressão de vapor, em que são utilizadas observações de umidade relativa e do coeficiente de mistura do ar a dois diferentes níveis, não sendo o inferior, obrigatoriamente, a superfície evaporadora.

Em vista do reduzido equipamento disponível, as observações limitaram-se a um só nível. Tais observações jamais poderão ser utilizadas na interpretação do comportamento biológico dos ocupantes dos habitats. Determinações desse tipo só têm valor como indicação da estrutura microclimática dos habitats.

A fig. 17 ilustra, de forma bem acentuada, as bruscas variações nos valores da pressão de vapor no interior dos habitats estudados. Verifica-se, outrossim, uma nítida distinção entre os valores para os meses de maio e julho.

#### ATMOMETRIA

##### EVAPORAÇÃO

As medidas obtidas com atmômetros de bulbos porosos não podem ser tomadas com o objetivo de correlacioná-las à transpiração atual, ou à evaporação da água livre, ou à da superfície do solo. E isto se explica pelo fato de que a perda d'água por transpiração está na dependência de certo número de fatores, que não estão incluídos nos instrumentos medidores, tais como: área da fôlha; pressão osmótica; número, natureza, tamanho e comportamento dos estômatos; etc. Acrescente-se, ainda, a variação desses fatores e outros, de planta para planta, e de espécie para espécie.

A impossibilidade de correlacionamento com a evaporação, a partir da água livre ou do solo, prende-se ao fato já atrás explicado, de que a evaporação é função do gradiente de pressão de vapor entre a superfície evaporante e o ar. Os bulbos porosos não apenas são completamente diferentes daquelas superfícies, quanto à forma e à qualidade (porosidade e capacidade calorífica), mas também excessivamente sensíveis a pequenas diferenças nas baixas velocidades de vento, e sobretudo, à turbulência e a correntes de ar ascensionais. Os bulbos negros, além do mais, são sensíveis a pequenas flutuações de radiação.

Os fatores atuantes na perda d'água dos atmômetros também afetam a perda d'água das plantas e do solo, mas não necessariamente no mesmo grau e direção.

O aproveitamento destas medidas poderá ser feito no sentido de se ter um índice da diferenciação e variada natureza dos microclimas dos habitats.

O comportamento normal quanto ao grau de evaporação dado pelos atmômetros, para o *espaço desnudo* — estação A — e a *moita aberta* — estação B — acom-

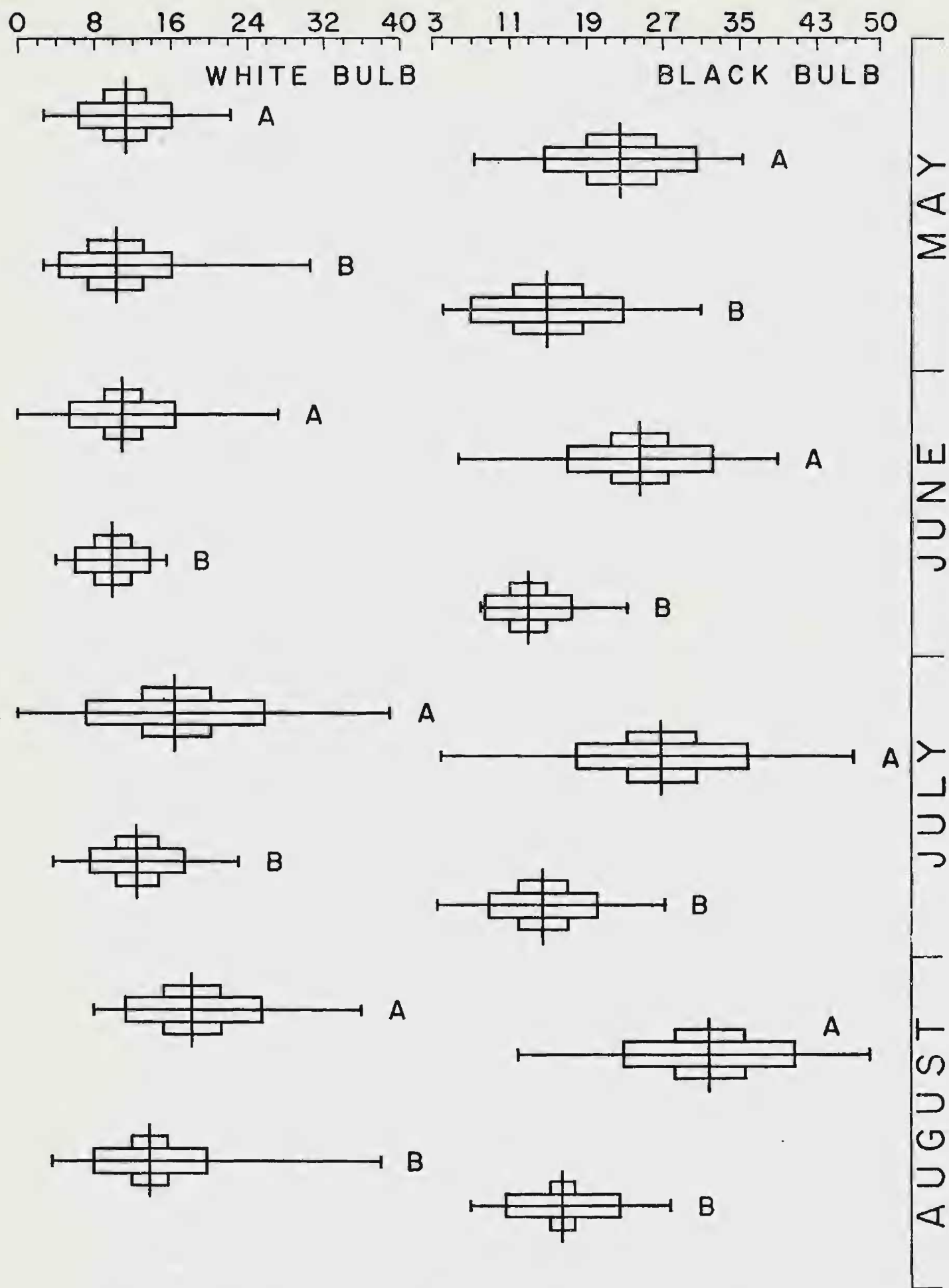


Figura 18 — Amplitude, média, desvio e erro padrão das perdas d'água diárias pelos atmômetros de Livingston para as estações A e B durante 4 meses  
 Amplitude, mean, standard error and standard deviation of the daily losses of water by the Livingston's atmometers at stations A and B during a 4-months period.



panha o da temperatura e é inverso ao da umidade relativa. Não obstante, nos meses de maio e agosto, verifica-se, pela fig. 18, uma inversão quanto à amplitude para o atmômetro de bulbo branco. Para a estação A, os extremos no mês de maio foram 2,2 ml e 22,2 ml e a amplitude de 20,0 ml, enquanto que para a estação B os extremos foram de 2,2 ml e 30,2 ml, e a amplitude de 28,0 ml. A diferença entre os maiores extremos foi de 8,0 ml a mais para a estação B.

mesma dada para as *inversões nos extremos de temperatura* (ver capítulo: temperaturas máximas e mínimas), isto é, o *processo de advenção atuando e produzindo um maior aquecimento no interior da moita, e ao mesmo tempo removendo o vapor d'água em torno das esferas atmosféricas.*

Quanto às medidas obtidas através o evaporímetro de Piche, elas sofrem as mesmas restrições que às fornecidas pelos atmômetros. De acôrdo com DE VRIES

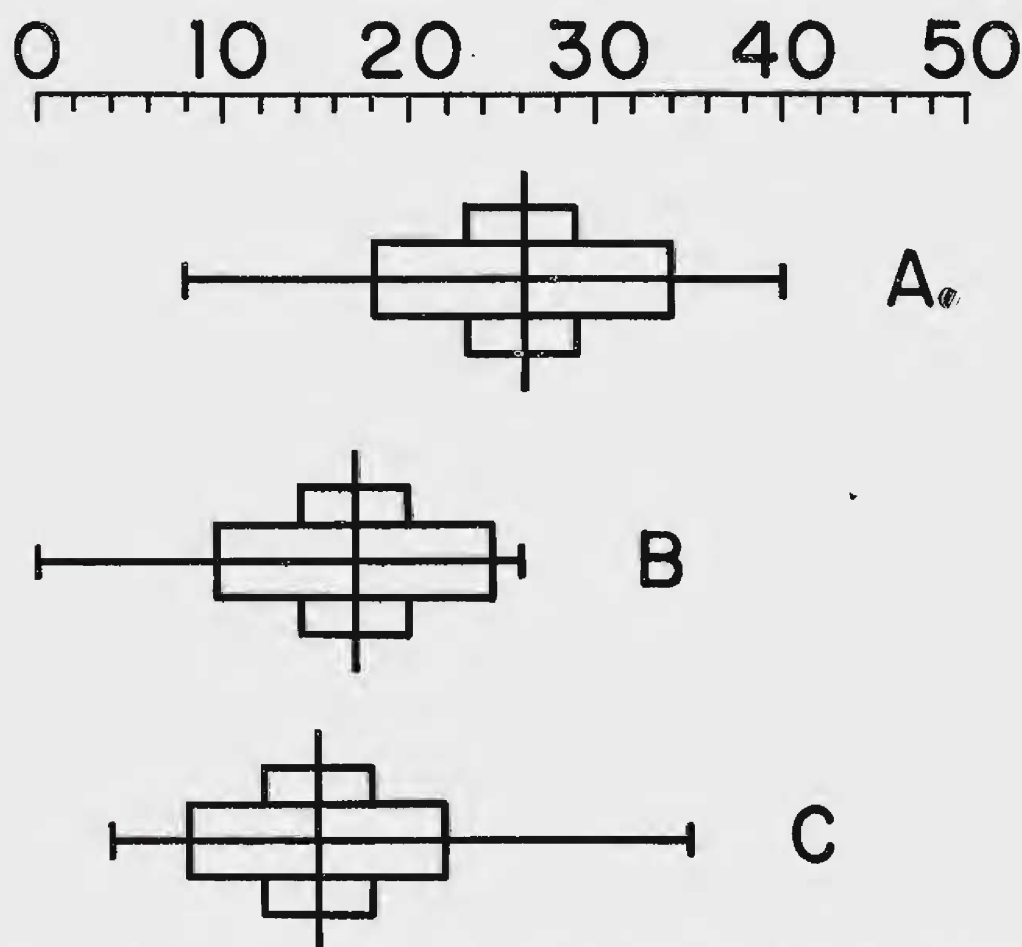


Figura 19 — Perda d'água diária média pelo evaporímetro de Piche para as 3 estações durante o mês de julho  
Mean daily loss of water by Piche exaporimeter at the three habitats during July.

Esta discrepância não foi produzida por incidência de radiação solar, pois, caso o fôsse, a evaporação dada pelo bulbo prêto da estação B, mostraria com muito mais intensidade esta inversão, e o que ocorre é apenas uma aproximação da estação B da estação A.

Assim, a explicação dêste fato será a

& VENEMA (1954), êste instrumento, ainda que pouco influenciado pela condução de calor, não é suficientemente sensível à ação da energia radiante, reagindo, por outro lado, violentamente, à ação do vento.

Os dados fornecidos por êstes instrumentos, os atmômetros e os tanques-padrões, são chamados por diversos autores

de *poder evaporador do ar*, expressão inadequada, por nenhuma relação ter com a evaporação e transpiração real.

A fig. 19 fornece os dados sintetizados, obtidos através do evaporímetro de Piche. Esta e a fig. 18 são expressões gráficas das médias mensais, desvios e erros padrões, calculados segundo SNEDCOR (1946:89).

#### RADIAÇÃO SOLAR

A diferença entre as quantidades de água perdida pelos bulbos porosos preto e branco, pode ser tomada como uma medida relativa da quantidade de energia calorífica recebida em um determinado ponto, para certo intervalo de tempo, isto é, para o período de exposição.

Quando a radiação é fraca, êles não são sensíveis às pequenas diferenças na quantidade de radiação.

A côr de uma superfície afeta a quantidade de radiação que pode ser absorvida e, implicitamente, a quantidade de calor que é armazenada e reirradiada para a atmosfera. A côr branca reflete a maior parte da energia calorífica, enquanto que a côr negra absorve-a quase completamente.

Como as superfícies na natureza perdem calor e evaporam água para um volume hemisférico, uma melhor aproximação ao que de fato ocorre seria obtida pelo uso de placas de Bellani, brancas e pretas. A preta, por ter a superfície evaporadora plana e negra, quando montada horizontalmente absorve energia solar segundo a lei do coseno de Lambert.

Os resultados da Tabela 8 dão a indicação das relativas diferenças de radiação calorífica, nos três ambientes estudados.

#### VIII — DISCUSSÃO

Tenha-se presente que, do ponto de

vista ecológico, nenhum estudo do meio pode ser bastante significativo sem que uma tentativa seja feita para correlacionar ou integrar as mudanças do ambiente, no tempo e no espaço, com indivíduos ou vegetação com a qual esteja intimamente associado (Billings, 1952).

Considere-se que, no caso, a falta de informações sobre a autoecologia e a fisiologia do desenvolvimento das espécies que ocorrem na região e a não realização experimental, não impedem uma apreciação do *complexo meio-vegetação*.

A discussão dos dados obtidos e dos fatos observados, será conduzida sob a forma de equacionamento de problemas, com o objetivo de abrir novas perspectivas para posterior pesquisa.

#### Definição e comparação dos microclimas

A maior diferenciação microclimática entre os três ambientes — *desnudo, moita aberta, moita densa* — ocorre durante o período de máxima insolação.

Durante a noite, há uma prática identidade dos comportamentos, devendo-se isso a que a cobertura vegetal é mais efetiva no controle da radiação solar (incoming radiation) do que na reirradiação (outgoing radiation). No entanto, os dois tipos de *moita* apresentam, no decorrer da noite, temperaturas mais elevadas do que o *espaço desnudo*, devendo-se isto à capacidade termal da vegetação.

A pequena diferenciação noturna entre os dois tipos de *moita* — *aberta e densa* — indica que suas capacidades termais têm valor semelhante, o que é lícito afirmar, levando-se em consideração que elas são fases sucessivas e próximas do processo evolutivo da vegetação.

A ocorrência lado a lado de microclimas bem diferenciados resulta, sem dúvida, da concomitância de diferentes estruturas de vegetação. A brusca mudan-



ça de estruturas no plano — *desnudo* para *moita densa*, *desnudo* para *moita aberta*, etc. induz a uma zona-limite mínima, não havendo, por assim dizer, um microclima de fímbria de moita.

não são derivados de quaisquer condições de microclima, mais sim resultantes, respectivamente, de causas geomorfológicas e do processo inicial de formação da moita.

Os regimes termais, nos três ambien-

DAY	MAY		JULY	
	A	B	A	B
11	13.2	2.6	6.3	—
12	7.8	0.0	3.9	—
13	7.8	—	8.1	4.0
14	7.8	—	14.7	0.0
15	11.7	—	12.8	0.0
16	11.7	0.0	14.7	0.0
17	15.6	0.0	16.3	6.4
18	11.7	—	5.0	0.0
19	7.6	0.0	11.5	0.0
20	15.6	7.8	11.2	0.0
21	15.6	0.0	4.0	—
22	—	19.5	7.8	0.0
23	—	19.5	15.1	0.0
24	—	4.7	12.1	0.0
25	5.0	0.0	11.4	0.0
26	12.1	0.0	8.2	0.0
27	7.8	7.8	15.1	0.0
28	15.6	0.0	7.5	0.0
29	15.6	11.7	12.1	0.0
30	7.8	3.9	23.6	3.9
31	15.6	0.0	14.9	0.0

Tabela 8 — Comparação entre os valores relativos de radiação solar, para as estações A e B, obtidos através de atmômetros de Livingston (perda d'água do bulbo negro menos a do bulbo branco em ml) Comparison between the relative solar radiation values for stations A and B, obtained through Livingston's atmometers (black bulb loss minus white bulb loss, in ml).

O limite brusco, curvilíneo, e bem delineado entre a *moita* e o *espaço desnudo*, bem como a forma hemisférica das *moitas*,

tes, caracterizam-se pela grande frequência de *flutuações*, tanto durante o dia quanto à noite e pela constante ocorrência

do efeito aquecedor do vento noturno. Este efeito não está limitado a períodos fixos, podendo indiferentemente suceder em dias consecutivos ou alternados.

*Em virtude da freqüência dêste aquecimento noturno, pelo vento, resultam dois tipos de comportamento termal: dias quentes-noites frias e dias quentes-noites quentes.*

#### *Condicionamento da estrutura e composição florística*

A realidade dessas condições leva à formulação da hipótese: existência de, pelo menos, duas diferentes floras, cujos componentes necessitariam para sua germinação daquelas condições.

Esta asserção explicaria, em parte, a predominância ou ausência de dada espécie, de *moita* para *moita*; como é válido para as pteridófitas, aráceas e orquidáceas. O mesmo se aplicaria aos *espaços desnudos*.

A composição florística do interior das *moitas* desperta atenção, pelo fato de que os seus componentes possuem "habitus" típicos de plantas de sub-bosque de mata úmida. Por outro lado, algumas das espécies ocorrem concomitantemente nas matas costeiras e no interior dessas *moitas densas*. As orquidáceas *Laelia purpurata* Lindl. e *Cattleya guttata* Lindl. e a bromeliácea *Aechmea bromeliifolia* (Rudge) Baker. são epífitas nas matas e terrestres no interior das *moitas*. Isto se deve às condições microclimáticas.

Assim, a flexibilidade do microclima da *moita densa* repetiria, ora as condições do sub-bosque, ora as do interior da copa da mata.

O microclima da *moita densa*, distintamente individualizado do conjunto que o cerca, permite o imediato estabeleci-

mento de espécies de arbustos e árvores, cujas exigências de germinação são realizadas neste ambiente, e que de outra forma só muito mais tarde ou mesmo jamais, ocorreriam na restinga interna. Assim, muitas das fases que, teoricamente, deveriam ocorrer no processo evolutivo da vegetação, são saltadas e conseqüentemente encurtado o tempo de duração do processo, até alcançar seu estágio de equilíbrio.

O papel de paravento exercido por qualquer um dos dois tipos de *moita*, permite que a cactácea *Cereus pernambucensis* Lem. dê pleno curso, na restinga interna, à sua forma de crescimento arborescente. Sòmente protegida do vento e amparada mecânicamente pelas *moitas*, chega a alcançar esta cactácea 5 a 6 metros de altura. Fora desta proteção, nas ante-dunas e nos *espaços desnudos*, ela é baixa, excessivamente ramificada e quase rampante.

No interior das *moitas*, suas plântulas, em geral, em grande número, chegam a atingir 1 metro de altura.

O mesmo se aplica à *Couepia oratifolia* Benth. que no *desnudo*, apesar de lenhosa, é sempre sub-arbustiva, rasteira e xeromórfica. No entanto, quando circundada por sua progênese e pelos demais componentes da *moita*, este mesmo indivíduo dá curso à sua forma de crescimento, transformando-se em árvore.

Esta espécie promotora da ocupação da restinga interna pela vegetação arbustivo-arbórea utiliza, durante seu ciclo vital, condições opostas: na germinação e estágio de plântula (períodos críticos) as condições microclimáticas do *espaço desnudo*, e, para o pleno desenvolvimento, as condições de *moita densa*, similares às de mata. Uma investigação das exigências de seu desenvolvimento deverá, provável-



mente, se orientar em direção ao fator temperatura.

À pouca luminosidade (uma das principais características físicas da moita densa) se deve a ausência de fôlhas nas lianas e a quase retidão dos troncos e baixa densidade dos componentes da *moita densa*.

A inexistência de espécies comuns ao *desnudo* e à *moita densa*, exceto *C. ovatifolia* Benth., é a melhor comprovação da individualidade microclimática dêstes ambientes.

#### *Processo evolutivo da vegetação*

Pelos resultados obtidos no estudo microclimatológico, suplementados pelas evidências florísticas e morfométricas, é indiscutível que o processo evolutivo da vegetação se dá no sentido de um adensamento e uma maior complexidade na estrutura interna. Isto não impede que, mantendo-se densa e a copa atingindo o chão, a moita cresça em altura e aumente, em consequência, seu volume hemisférico.

Caberia aqui proceder-se a uma analogia entre moitas de restinga interna e mata. A *moita aberta* corresponderia à orla ou fímbria, e a *densa* ao interior da mata.

A orla ou fímbria de uma mata difere microclimaticamente do seu interior, sobretudo quanto à instabilidade termal, por ser estruturalmente diferente, uma vez que é na verdade um estágio evolutivo anterior ao representado pelo centro da mata. Comparativamente, a orla apresenta condições mais desfavoráveis à vida vegetal, no sentido de maior número de oportunidades ecológicas para ocupação e de menor para permanência do que o interior.

Ora, a moita aberta apresenta estas características, logo ela não poderia, dentro de um raciocínio razoável, ser tida como sucessória de um habitat termal-

mente estável e com grande número de oportunidades ecológicas para a permanência de entidades biológicas.

#### *Utilização dos microclimas*

Ao microclima da *moita densa* se associam nas restingas a *salsaparrilha* (*Herreria salsaparrilha* Mart.), uma variedade de *baunilha* (*Vanilla chamissonis* Kl.) e diversas espécies de dioscoreáceas. As duas primeiras, de grande valor como condimento e as outras como fonte de produtos medicinais.

Obviamente, as exigências microclimáticas destas entidades, coincidem com as existentes no seu habitat natural — *moita densa*. Portanto, qualquer tentativa de incrementar a obtenção dêstes recursos de grande valia deverá ser realizada utilizando-se êstes ambientes que existem em enorme quantidade ao longo do litoral. Nenhuma dessas plantas tem sido objeto de exploração racional no país.

A *pimenta-do-reino* (*Piper nigrum* L.) requer para o seu cultivo um microclima termalmente estável e úmido, sombra parcial e um suporte mecânico. O tipo de solo não é crítico nesta cultura. Na África, utiliza-se atualmente como sombreador e suporte, devido ao tipo de esgalhamento, o *cajueiro* (*Anacardium occidentale* L.). Ora, além da moita densa ter as características microclimáticas exigidas, o cajueiro é um de seus constituintes normais.

Além do *cajueiro*, as moitas são o habitat de diversas espécies, como as mirtáceas, de valor medicinal, alimentar ou econômico, como produtoras de óleos essenciais.

Uma outra forma de aproveitamento econômico da restinga interna seria a promoção do florestamento comercial à semelhança do que hoje em dia está em vias de execução nas areias litorâneas da Austrália.

Naturalmente, as espécies destinadas à constituição da floresta deveriam ser implantadas no ambiente mais favorável — *moita densa* — e somente nêle.

### SUMÁRIO

Um estudo microclimático foi realizado em três ambientes típicos da restinga interna, na região de Cabo Frio, Estado do Rio de Janeiro.

Os objetivos em vista foram: (a) a definição e comparação dos microclimas; (b) a verificação do processo evolutivo da vegetação, de espaço desnudo para moita densa; (c) a ação dos microclimas no condicionamento da estrutura e composição florística das moitas, e vice-versa; (d) possibilidade de utilização econômica dos microclimas.

Foram instaladas três estações microclimatológicas: estação A — *espaço desnudo*; estação B — *moita aberta*; estação C — *moita densa*. Cada uma equipada com aparelhos registradores e outros instrumentos, cujas restrições são ressaltadas.

A estrutura da cobertura vegetal nos ambientes selecionados é descrita.

Precedidas por um estudo das características macroclimáticas gerais, do mecanismo climático regional e dos microclimas locais foram analisadas as marchas diárias da temperatura para dois períodos selecionados — 7-8 de julho e 28-29 de maio.

No decorrer da análise são dadas explicações para os diversos fenômenos assinalados. Esta análise estendeu-se às máximas e mínimas, às flutuações e aos efeitos do vento.

Em síntese, o regime termal dos ambientes estudados caracteriza-se pela grande freqüência de flutuações no decorrer do dia e da noite e de aquecimentos noturnos provocados por vento de baixa velocidade.

Além da análise, dos dados obtidos, para o conteúdo de vapor d'água na atmosfera é comentada a oportunidade do uso de cada uma de suas formas de expressão (umidade relativa, deficit de pressão de vapor etc.), em relação ao processo básico de evaporação.

Como síntese desta investigação é procedida a discussão dos dados obtidos e fatos observados, sob a forma de equacionamento de problemas, ligados aos objetivos do trabalho.

### ABSTRACT (\*)

#### MICROCLIMATES OF THE RESTINGAS OF SOUTHEASTERN BRAZIL

##### I — INLAND RESTINGA OF CABO FRIO

The sandy coastal plains, or *restingas*, of Southeastern Brazil have been studied by different authors, but no study whatsoever has been made on an instrumental or experimental basis. Until recently there was no theory to explain the mosaic disposition of the vegetation on the inland restinga, i.e., open places intercalated with shrub-thickets.

This work was carried out as part of the intensive ecological research undertaken by the project "Ecological Survey of the Vegetation of the Federal District and State of Rio de Janeiro" (\*\*) so it was initially stimulated by the apparent necessity of obtaining accurate information about the conditions of the environment in view of understanding through the microclimates, some aspects of the evolutionary process undergone by the vegetation.

Most of the ecological work done in the tropics, especially in Brazil, was accomplished

(\*) The writer wishes to especially thank Dr. Bertha Lutz of Museu Nacional for her valuable help in translating this abstract.

(\*\*) The "Ecological Survey of the Vegetation of the Federal District and State of Rio de Janeiro" was proposed, in 1951, by Fernando Segadas-Vianna, through the Museu Nacional. The "Conselho Nacional de Pesquisas" sponsored it and it was begun in 1953. The research-work was organized by the proponent and carried out by Giselle C. Machline, Leda Dau, Wilma T. Ormond and Jádihel Lorêdo Jr.



during short visits of scientists from temperate regions who usually did not stay long enough to test the applicability of their own concepts and methods before gathering the data.

The aims of this work are: (a) the definition and comparison of the microclimates of the typical habitats, located side by side; (b) following the evolutionary process of the vegetation from bare ground to dense shrub thickets, in the light of microclimatic analysis; (c) the study of the conditioning effect of the microclimates on the structure and internal floristic composition of the shrub thickets, and vice-versa; (d) the appraisal of the possibilities of economical utilization of the microclimates.

#### DESCRIPTION OF THE AREA

The area studied is located at about 9 km SW of Cabo Frio town, Cabo Frio County, State of Rio de Janeiro, Brazil, 2 km NW of Arraial do Cabo borough and 500 m from the sea-shore, and has the following coordinates: 22°56'54" S and 42°02'09" W.Gr.

The Cabo Frio peninsula serves as the turning point of the Brazilian coast; this is directed east-west from the city of Rio de Janeiro until Cabo Frio, and there takes a northeastern direction to Cape S. Tomé (fig. 1).

*Geology* — Geologically, this restinga belongs to the great quaternary coastal plain of southeastern Brazil.

*Topography* — The region, is almost flat, in some places slightly undulated; it is interrupted by a great number of lagoons, swamps and bogs.

Near the sea there is a line of dunes, which is continuous in some stretches and absent from others and generally not more than 10 m high.

*Soils* — As a result of the many sedimentary processes involved in the formation of the restinga (Segadas-Vianna 196?), many different types of soils are found side by side. Besides the regosols, dune soils and lithosols, there are hydromorphic and alluvial soils. Among the last, the most common ones are: low humic gley, humic gley, hydromorphic gley, bog, hydromorphic laterites, hydromorphic podzols and solodized-solonetz soils.

*Vegetation* — Physiognomically, the vegetation that covers most of the restingas,

starting from the beach, can be divided in four great groups: graminoid, palmoid or ericoid, park and woods.

#### METHODS

Three stations were installed with the objective of studying the representative habitats of the inland restinga. The existence of a macroclimatological installation maintained by the Cia. Nacional de Alcalis allowed a comparative analysis of the microclimates with the macroclimate. This installation was located about 500 meters from the microclimatological stations.

The equipment of each of the stations, A, B and C, consisted of a thermograph, hygograph, maximum and minimum thermometer, Piche evaporimeter, white and black bulb Livingston's atmometers and pluviometer.

#### THE ENVIRONMENT

##### *Inland Restinga*

The word *restinga* means the sandy plains that occurs along the Brazilian coast.

In the restinga can be distinguished four great biomes: the oceanic beaches, a belt of low sand dunes parallel to the sea, the inland restinga and the mobile sand dunes. Generally, small elliptical or circular lagoons are found behind the belt of low sand dunes; they are shallow and the water is dark — they are bodies of water imprisoned by the formation of an oceanic bar.

Behind these lagoons are found immense flat or undulate plains, called *inland restinga*, that also are interrupted by lagoons, swamps and bogs — they are remanent of the great body of water imprisoned by the building up of the sand bar. This body of water may be filled up by different processes.

The microclimatic studies were undertaken in habitats occurring in an inland restinga built through marine and eolian sedimentation.

The main characteristic of the vegetation of this type of inland restinga is its disposal in *mosaics* — bare ground and shrub thickets, dense, of difficult penetration and with hemispherical canopy, are found side by side — fig. 3.

On the open places, right bellow the thin superficial sand layer there is a horizon,

about 20 cm thick, of high compacity, composed of peat mixed with very fine sand. These open places are colonized by different species whose root systems, which are shallow and parallel to the soil surface, are located in the superficial sand layer. The only observed exception is *Couepia ovatifolia* Benth., whose roots penetrate the peat sand layer and reach great depths. Once the first individual of *C. ovatifolia* Benth. becomes established, other individuals, progeny of the first, also get established, thus gradually building a typical thicket.

#### Open Places

The open places are almost bare of vegetation. They tend to be elliptical in shape, sometimes almost circular, with a curvilinear, suave but irregular contour; they have an area of about 50 sq.m, sometimes reaching 100 to 200 sq.m. The vegetation covers no more than 5% of the ground. The plants are almost always isolated, rarely forming colonies (see figs. 4 and 5).

The substratum is constituted by white to yellow sand of medium size granulation, containing little organic matter, and it is perfectly flat and regular, like a road. The upper part of the soil, of high porosity, with a thickness of 10 to 20 cm lies above a layer of pure or mixed peat, with a thickness of about 30 cm. At depths of 3 to 7 m is found another layer of cemented fine-grained sand — a hard-pan that is impermeable.

The structure of the vegetation around the open places, makes these places look as if they were limited by walls. The limits between the open places and thickets are well defined and abrupt. In one of these open places was installed the microclimatic station A.

#### Dense Thicket

The dense thickets are 3 to 4 meters high and usually of hemispherical shape with a well defined elongated elliptical contour (fig. 5). They generally occupy larger area than the open places.

The canopy, which gives a hemispherical shape to the thicket, reaches the ground at its edges. It is thick, of about 50 to 100 cm, dense, dark-green and formed by small ellip-

tical and short-petiolated leaves. The branches interlace very intimately.

The small trees that form the thickets have thin, straight, cylindrical trunks — 6 to 10 cm in diameter — branching at a height 1,50 to 2,00 m from the ground. The density is quite high and the trunks are spaced 50 to 80 cm. The barks are thick, smooth and covered by lichens (fig. 7).

Station C was located in one of these thickets.

#### Open shrub thicket

Microclimatic observation station B was located inside an open shrub thicket (fig. 8), that has a structure intermediate between the open and the dense thicket.

The main difference between these two types of thicket lies in its edges. The canopy never reaches the ground and presents a spherical calotte shape, which falls 2-3 m short of the edge.

The trunks of the shrubs are thicker and more distant one from another; the canopy is less dense.

#### MACROCLIMATE

The macroclimate of the Cabo Frio region is of the *rainy tropical* type, with hot and wet summer and not rigorously dry winter. This climate can be classified as type Aw in Koeppen's (1948) system.

Within this general climatic aspect, Cabo Frio, on account of its location, has characteristics that distinguish it from all the rest of the coast of the State of Rio de Janeiro: low rainfall, constant winds, and high evaporation.

The climatic analysis was based on the means for a period of 26 years — 1916 to 1935 — calculated by the Serviço Meteorológico (Anônimo, 1941).

*Air temperature* — The months of higher diurnal temperatures are February (28,9 °C) and March (28,9 °C) which are also the ones of less rainfall in summer.

*Precipitation* — Within an annual total of 915,4 mm, the period of relative dryness — June to September — reaches only 187,5 mm.

*Evaporation* — Is almost constant throughout the year. It varies only about 12 mm within the extreme monthly totals.

*Wind* — The most important wind (Tab.



2) for the region — *the northeastern trade wind*, blows on an average 534 times a year with a mean speed of 4,6 m/seg. It blows all year around, but mostly in January (53 times) and August (51 times), and with less frequency in April (39 times) and May (38 times). The average speed oscillates between the extremes of 5,5 m/seg in September, and 4,0 m/seg in April.

#### *Climatic Control*

It is the above characteristics that are responsible for the unique macroclimate of the Cabo Frio region, singling it out from the rest of the southeastern coast, due to the regimen of winds, and to the oceanic position of the peninsula.

#### *Local Macroclimates*

In table 3 are compared the monthly mean temperatures, for the year of 1953, of two meteorological stations: one in Cabo Frio town and the other, which belongs to the Cia. Nacional de Alcalis, located right inside the inland restinga.

#### MICROCLIMATES

From the point of view of the Macroclimate, the restinga of Cabo Frio constitutes only one unit, independent of the presence, absence or nature of obstacles.

Microclimatically there will be at least as many microclimates as types of obstacles.

The factors that induce the segregation of the microclimates in the horizontal plan, are: the macro and the microtopography, the qualitative constitution of the substratum and the variations in the structure of the vegetation cover.

The environments analyzed are representative of different stages in the evolutionary process of the vegetation's structure. Comparative study of these environments will give an idea of the sequency of microclimate or rather of the process of microclimatic transformation starting from an open place.

Increasing complexity of the structure corresponds to improved microclimatic delimitation and individualization. Although it is not the object of this study to analyze the problem of the physico-chemical evolution

ber that this evolution follows, though with a certain time decalage, the microclimatic evolutionary process. Its velocity and direction are conditioned by the microclimate above the surface — and that is induced by the structure of the vegetation cover.

#### *Air Temperature*

Among the continuous air temperature records, two periods were selected and analyzed in detail. These periods were chosen because were considered typical of the observation period, on account of the daily march.

Fig. 9 shows temperature's march, beginning at 1.00 h July 7 th, 1953, until 14.00 h the next day. Fig. 13 shows the daily marches for May 28 th and 29 th, during the same time period.

Fig. 10 is equivalent to fig. 9 and shows the charts corresponding to three analyzed environments for the first of the given periods.

Fig. 11 and 12, give the variation of the solar radiation and of the wind direction and velocity, registered by the macroclimatological station of the Cia. Nacional de Alcalis, for July 7 th and 8 th.

*Synthesis* — The thermal regimen of the environments studied is characterized by:

1. *the high frequency of fluctuations during day and night, mainly at the period of maximum insolation;*

2. *the frequency of the warming effect of the night winds, which causes a fluctuation rather than a continuous fall in temperature;*

3. *the fact that the maxima and minima temperatures are of short duration and consequently there do not occur periods of thermal stability;*

4. *the variation of hour of occurrence of the maximum temperature from day to day, and from environment to environment. The reason for that is the advection of air masses from the surface of the open places. On calm days and on days with constant wind the maxima occur at the same hour in all of the three environments;*

5. *that on normal nights the minimum occurs at the same hour in all environments or else, just before sunrise. On windy nights the minimum occurs before nightfall or even at sunset, fig. 10 A, B, C;*

6. *the sharp differentiation during the of the substratum, it is convenient to remem-*

day and almost identity at night, owing to the physical structure of the habitats.

#### *Air Humidity*

Knowledge of the water vapour contents of the atmosphere is, from the biological standpoint, important for the verification of the presence or absence of transpiration and dessication in plants and animals. Thus it is fundamental to know whether is occurring evaporation or condensation and what is its speed.

Several ways of expressing the water vapour content of the atmosphere are in use among ecologists: relative humidity, vapour pressure deficit (saturation deficit), vapour pressure and dew point.

Thus it is extremely important to know the meaning of each of those expressions in relation to the basic process of evaporation, or else, its usefulness and its limitations.

#### *Relative Humidity*

For ecological purposes, relative humidity as an expression of the water vapour content of the atmosphere is only useful for distinguishing habitats.

#### *Saturation Deficit*

The utility of the DPV, from the ecological point of view, lies in its help towards interpreting the dynamics of the microclimates of the habitats.

#### *Vapour Pressure*

The only way to know whether or not evaporation is occurring and its intensity in a certain habitat, is through the determination of the vapour pressure gradient between the evaporating surface and the air.

Fig. 17 illustrates in a clear way, the abrupt variations in vapour pressure values in the habitats studied. It is also shown a definite distinction between the values for the months of May and July.

#### *Atmometry*

*Evaporation* — The measurements obtained with porous atmometers cannot be used for the purpose of correlating them to the

actual transpiration, or to the evaporation from free water or soil surface.

These measurements can be taken as an index of differentiation and varied nature of the microclimates of the habitats.

*Solar radiation* — The difference between the amounts of water lost by the black and by the white porous bulbs can be taken as a relative measurement of the amount of heat energy at any location for the time interval considered, that is, for the period of exposure.

The results of Tab. 8 indicate the relative differences in insolation at the three habitats considered

### DISCUSSION

From the standpoint of ecology, no study of the environment alone can be very significant. The attempt must always be made to correlate or integrate the changes in the environment in time and space with the individual plants or vegetation with which it is intimately associated (Billings, 1952).

The discussion of the results obtained and the facts observed are undertaken with a view to the present problems, to open new perspectives for research.

#### *Definition and comparison of the microclimates*

The greatest microclimatic differentiation between the three environments — open spaces, open shrub formation and dense shrub thicket — occurs at the period of maximum insolation.

At night, there is an almost identity among the thermal compartments of the different habitats. This is due to the fact that the plant cover is more effective in controlling incoming radiation than outgoing radiation. However, during the night, the two types of shrub thickets present higher temperatures than the open places, on account of the thermal capacity of the vegetation.

The slight nocturnal differentiation between the two types of shrub thickets — open and dense — indicates that their thermal capacity is of similar value, which is to be expected since they are successive and closely related phases of the evolutionary process of the vegetation.

The occurrence, side by side, of well differentiated microclimates results, no doubt,



from the concomitancy of different plant structures.

The abrupt change of structures on the plane — open place to open shrub thicket, open place to dense shrub thicket, etc. — induces a very narrow limiting zone and consequently there is no special microclimate for the edge of the shrub thickets.

The abrupt, curvilinear and clear-cut limit between the open places and the shrub thickets and the hemispherical shape of the canopy of the shrub thickets are not derived from any particular aspect of the microclimates but are due respectively, to geomorphological causes and to the process of formation of the thickets.

One of the characteristics of the thermal regimens of the three habitats is the frequency of the fluctuations, at daytime and at night, and the constant wind. This effect is not restricted to certain periods, but occurs indifferently either on consecutive or on alternate days.

The frequency of this type of effect results in two types of thermal comportment: warm day-cold night and warm day-warm night.

#### *Structural and floristic composition conditioning*

These conditions lead to the formulation of the hypothesis: of the presence of at least two different floras, whose components need those two types of conditions for germination.

This would explain, in part, the presence or absence of a certain species from thicket to thicket; as it applies to the Pteridophytes, Araceae and Orchidaceae. The same hypothesis is applicable to the open places.

The internal floristic composition of the shrub thickets shows that its components have the typical habit of the undergrowth plants of humid woods. On the other hand, some of the species occur concomitantly in the coastal woods and in the interior of the thickets. The orchids *Laelia purpurata* Lindl. and *Cattleya guttata* Lindl. and the bromeliad *Aechmea bromeliifolia* (Rudge.) Baker. are epiphytes in woods and terrestrial in the thickets. This is due to the microclimatic conditions.

Thus, the flexibility of the microclimate of the dense shrub thicket presents either the

conditions of the undergrowth of woods or those that prevail in the tree canopy.

The microclimate of the dense shrub thicket which is quite distinct from its surroundings permits the immediate establishment of shrub species, whose germination requirements are satisfied by this environment, and which otherwise could only take root much later or not at all in the inland restinga. Thus, some of the phases that theoretically should occur during the evolution of the vegetation are omitted, and consequently the time needed for the process to reach equilibrium is shortened.

The role of wind-break exercised by any of the two types of shrub thickets allows to attain full development the arborescent growth-form of the cactus *Cereus pernambucensis* Lem. Only when protected from the wind and mechanically supported by the thickets can this cactus reach 5 to 6 m of height. Outside this protection, in the foredunes and in the open places, it is low, very much ramified and rampant.

Inside the thickets its seedlings, generally in great number, can reach the height of 1 meter.

The same applies to *Couepia ovatifolia* Benth. that in the open places although woody is always shrubby, rampant and xeromorphic. However, when it is surrounded by its progeny and by other components of the thicket, the same individual can attain its full growth-form and become a tree.

This species, which leads to the occupation of the inland restinga by the sub-arborescent and arboreal vegetation needs opposite conditions during its vital cycle: during germination and at the seedling stage (critical periods) it needs the microclimatic conditions of the open places, but for its full development, it needs the conditions of the dense shrub thicket similar to the conditions found in woods. Any investigation of its exigencies ought probably to be oriented with a view to the factor temperature.

The absence of leaves on the lianas and the almost straight trunks, and the low density of the components, which is one of the main characteristics of the dense thicket is due to the low luminosity.

The absence of species common to the open places and to the dense thicket, except for *C. ovatifolia* Benth., is the best proof of

the microclimatic individualization of these environments.

#### *Evolution of the vegetation*

The results obtained through microclimatological study, supplemented by floristic and morphometric evidences makes it clear that the evolution of the vegetation is towards a greater density and complexity of internal structure. This does not prevent the thicket, staying dense with its canopy reaching the ground, from growing in height and consequently, acquiring a greater hemispherical volume.

It seems permissible to draw an analogy between the shrub thickets of the inland restinga and woodland. The open thicket would correspond to the edge of the woods and the dense thicket to the interior of the woods.

The edge of a wood differs microclimatically from its interior, mainly in regard to the thermal stability, because it is structurally different, and corresponds to an anterior evolutionary stage to the one represented by the middle of the woods. Comparatively, the edge of the wood presents conditions which are more unfavourable to plant life, in the sense that though there is a great number of ecological opportunities for occupation there are fewer opportunities for permanency, than inside the woods.

As the open thicket presents these characteristics, it cannot within a reasonable reasoning, be considered as a successor of a thermally stable habitat offering a great number of ecological opportunities for occupation and permanency of biological entities.

#### *Utilization of the microclimates*

The *Sarsaparilla* (*Herreria salsaparilha* Mart.), one variety of *vanilla* (*Vanilla chamissonia* Kl.) and various species of Dioscoreaceae are associated in the restinga with the microclimate of the dense thicket. The two first species are valuable as spices and the others as a source of medical products.

Obviously the microclimatic exigencies of these species coincide with those prevailing in their natural habitat: dense thicket. Therefore any attempt to increase the exploration of these resources of great value must make use of these environments which are very common along the coast. None of these plants

has been subjected to rational exploration in Brazil.

*Black-pepper* (*Piper nigrum* L.) requires for its cultivation a humid and thermally stable microclimate, partial shade and mechanical support. The type of soil is not critical for this crop. In Africa the *cashew-tree* (*Anacardium occidentale* L.), is used as a shade-tree and as a support for pepper, because of its type of ramification. The dense restinga thickets have the microclimatic characteristics needed for this crop and the cashew-tree is one of its normal components.

Besides the cashew-tree, the thickets are the habitat of different species, for instance of the Myrtaceae of medical, food or economical value as producers of essential oils.

Another way of economic utilization of the inland restinga would be commercial afforestation, similar to that which is beginning to be carried out on the sandy coasts of Australia.

Obviously, the species selected for the constitution of such forest should be planted in the most favourable environment — dense thicket — and only there.

#### BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, D.B.

1936 — Relative humidity or vapor pressure deficit, *Ecology* 17:277-282, 2 figs.

ANÔNIMO

1941 — *Normais climatológicas*, X + 167 pp; Serv. Inf. Agric.; Min. Agric., Brasil.

ARAGÃO, M.B.

1958 — Algumas medidas microclimáticas em mata da região "Bromélia-Malária", em Santa Catarina. I — Temperatura do ar, umidade relativa e evaporação, *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 56:415-451, 8 figs., 9 tab., 67 graf.

1959 — Algumas medidas microclimáticas em mata da região "Bromélia-Malária", em Santa Catarina. II — Efeitos do abrigo, temperaturas extremas, amplitude térmica diária, temperatura do solo, radiação global, velocidade do ven-



- to e deficit de saturação, *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 57:45-72, 29 figs., 14 tab.
- ASHTON, P.S.  
1958 — Light intensity measurements in rain forest near Santarem, Brazil, *J. Ecol.*, 46:65-70, 2 figs., 1 tab.
- BAUM, W.A.  
1948 — *The climate of the soldier* — Part I & II, XIII + 167 pp., Environmental Prot. Ser., Rept. 124; U.S. Dep. Army, Off. Quartermaster Gen., Res. Devel. Branch.
- BIGARELLA, J.J.  
1946 — Contribuição ao estudo da planície litorânea no Estado do Paraná, *Arch. Biol. Tecn. Paraná* 1: 75-111, 26 figs.
- BILLINGS, W.D.  
1952 — The environment complex in relation to plant growth and distribution, *Quar. Rev. Biol.*, 27: 251-265, 2 figs., 1 tab.
- BRAUN-BLANQUET, J.  
1932 — *Plant sociology — trans. and rev. by G.D. Fuller and H.S. Conard*, XVIII + 439 pp., 180 figs., 42 tabs., McGraw-Hill Book Co., New York.
- BUXTON, P.A.  
1924 — The temperature of the surface of deserts, *J. Ecol.*, 12:127-134, 1 fig.
- CANTLON, J.E.  
1953 — Vegetation and microclimates on north and south slopes of Cushe-tunk Mountain, New Jersey, *Ecol. Monogr.* 23:241-270, 9 figs., 16 tab.
- COMISSÃO DE SOLOS  
1958 — Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal, *Bol. Serv. nac. pesq. Agron.* 11:1-12 + 1-350, 75 figs., 1 map. ex-texto.
- DANSEREAU, P.  
1947 — Zonation et succession sur la restinga de Rio de Janeiro. — I. Ha-losere, *Rev. canad. Biol.*, 6:448-477, 13 figs., 2 tabs.
- DAUBENMIRE, R.F.  
1947 — *Plants and environment*, XIV + 424 pp., 87 figs., 16 tabs.; John Wiley & Sons, New York.
- DE VRIES, D.A. & J. VENEMA  
1954 — Some considerations on the behaviour of the Piche evaporimeter, *Vegetatio*, 5-6:225-234, 2 figs., 2 tab.
- EVANS, G.C.  
1939 — Ecological studies on the rain forest of Southern Nigeria. II. The atmospheric environmental conditions, *J. Ecol.*, 27:436-482, 13 figs., 9 tab.
- FLOWER, W.D.  
1937 — An investigation into the variation of the lapse rate of temperature in the atmosphere near the ground at Ismailia, Egypt, *Geophys. Mem.*, 71.
- FREISE, F.  
1936 — Das Binnenklima van Urwäldern in subtropschen Brasilien, *Petermanns Mitt.* 82:301-7.
- GEIGER, R.  
1950 — *The climate near the ground* — transl. by M.N. Stewart and others, XXII + 482 pp., 181 figs., 63 tabs.; Harvard Univ. Press, Cambridge.
- HEMMENDORFF, E.  
1912 — Bilder aus der Restinga — Vegetation bei Rio de Janeiro, *Svensk bot. Tidskr.*, 6:889-902, 5 pr. review in *J. Ecol.* 1:159-160.
- HUTTAKER, B.  
1942 — Vegetational correlations with vapor pressure deficit and relative humidity, *Amer. Mid. Nat.* 28:486-500, 4 figs.
- KASSAS, M. & M. IMAM  
1957 — Climate and microclimate in the Cairo desert, *Bull. Soc. Géographie Égypte*, 30:3-52.

- KOEPPEN, W.  
1948 — *Climatologia* — spanish transl. F.R.H. Perez, 478 pp., 28 figs., 3 tabs., 9 pr. + 1 pr. ex-texto, 1 mapa ex-texto; Fondo Cultura Economica, Mexico.
- LAMEGO, A.R.  
1940 — Restingas na costa do Brasil, *Bol. Dep. Prod. Min., Rio de Janeiro* 96:1-63, 48 figs.  
1945 — Ciclo evolutivo das lagunas fluminenses, *Bol. Dep. Prod. Min., Rio de Janeiro* 118:1-48, 38 figs.  
1946 — *O homem e a restinga*, XIV + 227 pp., 166 figs.; Cons. Nac. Geografia, Rio de Janeiro.
- LEIGHLY, J.  
1937 — A note on evaporation, *Ecology* 18:180-198.
- LIVINGSTON, E.B.  
1935 — Atmometers of porous porcelain and paper, their use in physiological ecology, *Ecology* 16:438-472, 5 figs.
- LUTZ, B.  
1938 — *Flora Fluminense Litoral* — Apon-tamentos decorrentes do herbário do Museu Nacional e de observações feitas no litoral, 55 pp. não n.º, mimeografado distribuído pelo autor.
- MACFADYEN, A.  
1957 — *Animal ecology-aims and methods*, XX + 264 pp., 6 pr.; Pitman & Sons, London.
- MCADIE, A.G.  
1912 — Studies in frost protection — effect of mixing the air, *Mon. Weather Rev.* 40, 122-123.
- MCLEAN, R.C.  
1919 — Studies in the ecology of tropical rain forest: with special reference to the forests of South Brazil. — Introduction and Part I. Humidity, *J. Ecol.* 7:5-54, 21 figs., 1 pr.  
1919a — Studies in the ecology of tropical rain forest: with special reference to the forests of South Brazil. — Part I. Humidity (concl.) and Part II. Illumination, *J. Ecol.* 7: 121-172, 10 figs.
- MICHELMORE, A.P.G.  
1947 — A popular misconception regarding humidity and the need for closer liaison between meteorologists and ecologists, *J. Ecol.* 34: 107-110.
- OOSTING, H.J.  
1956 — *The study of plant communities* 2.ª edição, VIII + 440 pp., 198 figs., 12 tabs., W.E. Freeman and Co., San Francisco.
- OOSTING, H.J. & D.H. HESS  
1956 — Microclimate and a relic stand of *Tsuga canadensis* in the lower Piedmont of North Carolina, *Ecology*, 37:28-39, 4 figs., 5 tab.
- PLATT, R.B.  
1951 — An ecological study of the Mid-Appalachian shale barrens and of the plants endemic to them, *Ecol. Monogr.* 21:269-300, 18 figs., 7 tab.
- POTZGER, J.E.  
1939 — Microclimate and a notable case of its influence on a ridge in central Indiana, *Ecology* 20:29-37.
- RAMDAS, L.A.  
1946 — The micro-climates of plant communities, *Indian Ecologist*, 1:1-20, 7 figs., 8 tab.
- RUELLAN, F.  
1944 — Interpretação geomorfológica da zona entre o Rio de Janeiro e Cabo Frio, *Bol. Geográfico* 10: 53-55.
- SAMPAIO, A.J.  
1934 — *Phytogeographia do Brasil*, 284 pp., il., *Brasiliana* 35; Cia. Edit. Nac., São Paulo.
- SEGADAS-VIANNA, F.  
196? — Ecology of the Restinga of Southeastern Brazil — I-General trends in the environmental dynamics, em preparação.



- SHANKS, R.E. & F.H. NORRIS  
1950 — Microclimatic variation in a small in eastern Tennessee, *Ecology* 31: 532-539, 5 figs., 2 tabs.
- SINCLAIR, J.G.  
1922 — Temperatures of the soil and air in a Desert, *Mont. Weath. Rev.*, Wash., 50:142-144.
- SNEDECOR, G.W.  
1946 — *Statistical methods* — 4.<sup>a</sup> ed., XVI + 485 pp., Iowa State College Press, Ames.
- SUTTON, O.G.  
1953 — *Micrometeorology*, XII + 333 pp., 35 figs., 32 tabs.; McGraw-Hill Book Co., New York.
- THORNTONWAITE, C.W. & B. HOLZMAN  
1939 — The determination of evaporation from land and water surfaces, *Mon. Weath. Rev.*, Wash. 67:4-11.
- THORNTONWAITE, C.W.  
1940 — Atmospheric moisture in relation to ecological problems, *Ecology*: 17-28, 3 figs.
- ULE, E.  
1901 — Die Vegetation von Cabo Frio an der Küste von Brasilien, *Engler, Bot. Jahrb.*, 28:511-528.
- UNESCO  
1958 — Climatology — Reviews of research, *Unesco Arid Z. Res. Ser.* 10:1-190.  
1958a — Climatology and microclimatology — Proceedings of the Canberra Symposium — bilingual, *Unesco Arid Z. Res. Ser.* 11:1-355, 13 fotog.
- WEAVER, J.E. & F.E. CLEMENTS  
1944 — *Ecologia Vegetal* — spanish transl. by A.L. Cabrera, XXVI + 667 pp., 271 figs., 1 tab., 1 map.; Ed. Acme Agency, Buenos Aires.
- WILLIAMS, C.B.  
1923 — A short bioclimatic study in the Egyptian desert, *Egypt, Minis. Agriculture, Bull.*, 29 — in Buxton, 1924.
- WOLFE, J.N., R.T. WAREHAM & H.T. SCOFIELD  
1949 — Microclimates and macroclimate of Neotoma; a small valley in central Ohio, *Bull. Ohio biol. Surv.* 41:8 + 267, 97 figs., 85 tabs.

Entregue para a publicação em 12 de setembro de 1960.